

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ «Інститут геології»
Кафедра гідрогеології та інженерної геології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
спеціальність 103 – Науки про Землю
освітня програма «Гідрогеологія»

**ТЕМА: «ПРОВЕДЕННЯ РЕМЕДІАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ НА ПРИКЛАДІ ТЕРИТОРІЇ
НАФТОБАЗИ РОЗТАШОВАНОЇ В СВЯТОШИНЬСЬКОМУ РАЙОНІ МІСТА КИЄВА»**

Виконала



студентка 2-го курсу магістратури
кафедри гідрогеології та інженерної геології
Марина ДЯДІКОВА

Науковий керівник



доцент, кандидат геол. наук
Дмитро ЧОМКО

Робота рекомендується до захисту (протокол № 11)

Засідання кафедри гідрогеології та інженерної геології від 10.05. 2023 р.)

Завідувач кафедри



професор, доктор геол. наук
Олексій КОШЛЯКОВ

Київ – 2023

Відслідковано (970)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	5
1. ЗАГАЛЬНІ ПРИРОДНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ	6
1.1 Фізико-географічні умови району робіт	6
1.1.1 Положення ділянки.....	6
1.1.2 Кліматичні умови.....	8
1.1.3 Рельєф, геоморфологія, гідрографія.....	11
1.1.4 Геолого-гідрологічна вивченість	14
1.2 Геологічна будова.....	17
1.2.1 Стратиграфія	17
1.2.2 Структурно-тектонічні особливості	21
1.3 Гідрологічні умови.....	23
2. РЕМЕДІАЦІЙНІ ЗАХОДИ НА ДОСЛІДЖУВАНІЙ ТЕРИТОРІЇ.....	34
2.1 Порядок ремедіації та вибір оптимального методу очищення територій.....	34
2.2 Вибір ділянки для проведення ремедіаційних заходів	47
2.3 Розрахунок часу для повного очищення ділянки від нафтопродуктів	50
ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61

ВСТУП

Робота присвячена дослідженню та оцінці забруднення ґрунтів нафтопродуктами території нафтобази розташованої в Святошинському районі міста Києва. Розглянуто можливості використання різних методів ремедіації території з метою відновлення стану природного середовища, зокрема ґрунтів і ґрунтових вод. Представлені результати прогнозованого часу необхідного для ремедіації ґрунтів репрезентованими методами.

Актуальність теми полягає в тому, що забруднення нафтопродуктами на сьогоднішній день є гострою екологічною проблемою. Швидкість урбанізації та її глобальний характер викликає суттєві трансформації екосистеми. А ґрунти одні з найчутливіших до антропогенного впливу, оскільки саме вони зазнають фізико-хімічних змін параметрів.

В результаті функціонування промислових об'єктів, ґрунт накопичує в акумулятивних горизонтах нехарактерну для природних умов кількість деяких хімічних елементів та сполук. Саме тому моніторинг і оцінка забрудненої зони та подальший вибір методу ремедіації цих територій для ефективного очищення ґрунтів та підземних вод на сьогодні потребує особливої уваги.

Метою роботи є оцінка забруднення ґрунтів на території нафтобази та пропозиція методів для проведення ефективних ремедіаційних заходів.

Основними завданнями стало наступне:

1. Дослідження території нафтобази розташованої в Святошинському районі міста Києва та її забрудненої нафтопродуктами ділянки.
2. Оцінка об'ємів забруднення та вибір ділянки для проведення ремедіаційних заходів.
3. Ознайомлення з різними методами ремедіації території.
4. Пропозиція найефективнішого методу або комплексу методів для очищення забрудненої території.

5. Розрахунок прогнозованого часу ремедіації ґрунтів території нафтобази за допомогою обраного комплексу методів очищення ґрунтів від нафтопродуктів.

6. Аналіз отриманих результатів.

Об'єктом дослідження є природне середовище ділянки території нафтобази розташованої в Святошинському районі.

Предметом дослідження є ремедіація території нафтобази розташованої в Святошинському районі.

Практичне значення роботи полягає у підборі ефективного методу ремедіації природнього середовища та отриманні результатів, які дозволяють визначити прогнозований час, необхідний для максимального відновлення території.

Новизна роботи полягає в продовженні дослідження забрудненої ділянки території нафтобази розташованої в Святошинському районі та надання рекомендацій для проведення ремедіаційних заходів з метою повного очищення території від нафтопродукту.

Апробація результатів роботи відбулася на XIII Всеукраїнській конференції-школі «Сучасні проблеми наук про Землю» (м. Київ, 12-14 квітня 2023 р.) Дядікова М., Чомко Д. «Рекультивация забрудненных нефтепродуктами территорий на ділянці Святошинського району міста Києва: оцінка та методики.»

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

г/кг	грам на кілограм
га	гектар
кг	кілограм
км/см ² хв.	кілометрів/сантиметрів квадратних за хвилину
м	метрів
м ³	метрів кубічних
м.	місто
м/сек	метрів на секунду
мм	міліметрів
ПММ	Пально-мастильні матеріали
ПнШ	північна широта
св.	свердловина
СхД	східна довгота

1. ЗАГАЛЬНІ ПРИРОДНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ

1.1 Фізико-географічні умови району робіт

1.1.1 Положення ділянки

Нафтобаза розташована в місті Києві, у північно-західній її частині, в Святошинському районі за адресою вулиця Відпочинку 9, між проспектом Перемоги і Борщагівкою.

Територія вишукувань знаходиться на схилі древньої балки правого берега річки Нивки і обмежена з усіх боків такими об'єктами:

- з півночі житловою забудовою по вулиці Відпочинку.
- з півдня ділянка обмежена зоною відпочинку зі штучною озерною системою, утвореною греблями, що перекривають балку.
- зі сходу обмежена парковою зоною та житловими будівлями по вулиці Святошинська.
- з заходу - частиною зв'язку штабу МО та кооперативними гаражами, які розташовані по дну та схилах балки від південно-західного рогу ділянки об'єкту до об'їзної (Максимов, 2003).

На оглядовій карті (рис. 1.1) наведено розташування території нафтобази, а також розташування досліджуваних свердловин з координатною прив'язкою (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Географічні координати свердловин

Св. №1	ПнШ 50°26'51.07" СхД 30°22'43.14"
Св. №2	ПнШ 50°26'45.72" СхД 30°22'24.65"
Св. №3	ПнШ 50°26'50.19" СхД 30°22'24.37"
Св. №5	ПнШ 50°26'54.84" СхД 30°22'31.08"
Св. №6	ПнШ 50°26'44.92" СхД 30°22'48.51"
Св. №7	ПнШ 50°26'44.01" СхД 30°22'33.90"
Св. №8	ПнШ 50°26'51.31" СхД 30°22'56.56"
Св. №9	ПнШ 50°26'54.94" СхД 30°22'51.02"
Св. №10	ПнШ 50°26'52.73" СхД 30°22'05.95"
Св. №21	ПнШ 50°26'47.38" СхД 30°22'07.17"
Св. №33	ПнШ 50°26'45.75" СхД 30°22'17.15"
Св. №34	ПнШ 50°26'45.02" СхД 30°22'11.84"
Св. №35	ПнШ 50°26'44.63" СхД 30°22'07.45"

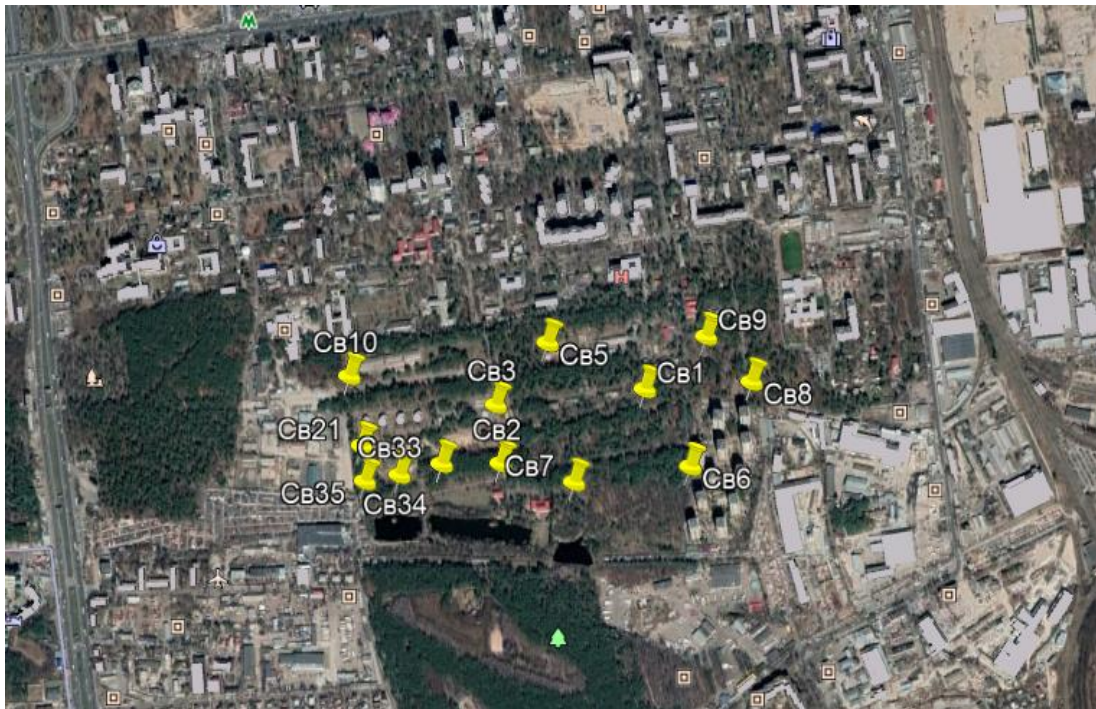


Рис. 1.1 – Оглядова карта району робіт

1.1.2 Кліматичні умови

Київ має м'який континентальний клімат з м'якою зимою і теплим літом. Розташований у помірних широтах та відносно близько до Атлантичного океану, що зумовлює позитивний радіаційний баланс поверхні землі.

Внаслідок взаємодії циркуляції атмосфери з земною поверхнею та сонячною радіацією в Києві формуються кліматичні умови.

На території Києва атмосферна циркуляція проявляється в переміщенні повітряних мас – а саме циклонів та антициклонів. Переважають на даній території циклони атлантичного походження, що проходять із заходу чи північного заходу. Найбільш інтенсивна циклічна активність досягається в кінці осені й взимку. Зрідка на територію потрапляють циклони, що мають середземноморське походження. На зиму можуть впливати азійські антициклони, які призводять до тривалих періодів малохмарної морозної погоди без опадів. В Києві відсутні гірські висоти, тому ніщо не перешкоджає переміщенню різних повітряних мас, що призводить до значних коливань погоди від сезону до сезону. Влітку вітер переважає західний і має більш стійкий характер, взимку північно-східний та східний. В середньому рухається зі швидкістю 4,2 м/с (Приходько, 2010).

Зими в Київській області досить тривалі, але відносно теплі. В Києві середня температура в січні -6°C . Зима характеризується відлигою, коли температура піднімається до 10°C через що сходить сніг.

Типова погода для зими має місце в кінці листопада та спостерігається до початку березня, тривалістю 90-100 днів. В даний період середньодобова температура опускається нижче 0° , покриваються льодом озера та річки й випадає сніг, утворюючи покрив. Часто можна спостерігати ожеледі. В зимовий період в Києві опади становлять від 70 до 90мм та бувають у вигляді і дощу, і снігу. Сніг в середньому завтовшки сягає 25-30 см. Середня кількість хуртовин за зимній

період становить 10-12 днів. Промерзання ґрунту досягає 100-130см. Середня швидкість вітру взимку дорівнює 4-5 м/сек.

Літо вважається з кінця травня до початку вересня, й середні температури повітря (Рис. 1.2) перевищують 17°C. В даний період випадає 40% річної суми опадів, а саме 200-260мм. Літом часті зливи й грози, з яких майже кожна друга супроводжується градом (Максимов, 2003).

Середньорічна температура повітря в Києві 7,0°C .

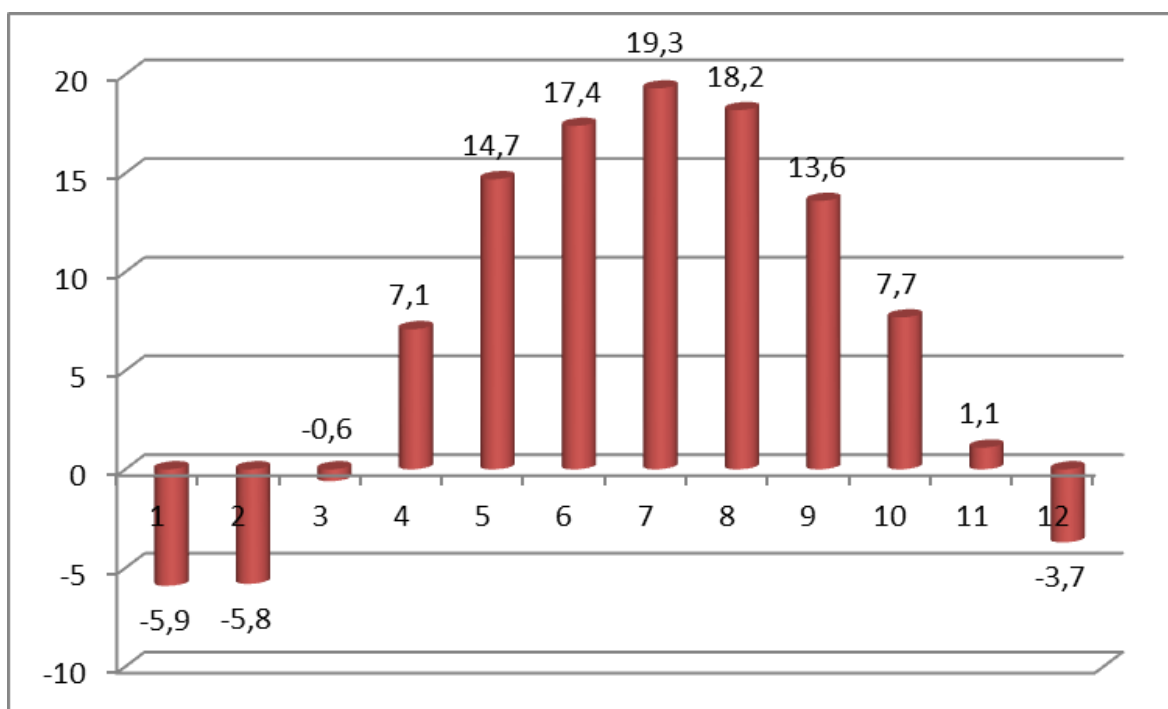


Рис. 1.2 – Середня температура повітря місті Києві, °C

Опади мають континентальний тип з мінімумом взимку та максимумом літом. Мінімальна кількість опадів припадають на січень чи лютий (25-30 мм); максимальна кількість на літні місяці – червень та липень (від 80 до 100 мм), що обумовлюється інтенсивним випаровуванням та висхідними потоками повітря (Приходько, 2010). Кількість опадів (Рис. 1.3) за рік – 622 мм, впродовж теплого періоду року становить 207мм, а за холодний період – 416мм.

Опади можуть випадати у вигляді снігу і дощу при глибоких довготривалих відлигах. Середня тривалість снігового покриву в районі Києва становить 106 днів, і в середньому складає 15-30 см, інколи перевищуючи 50 см.

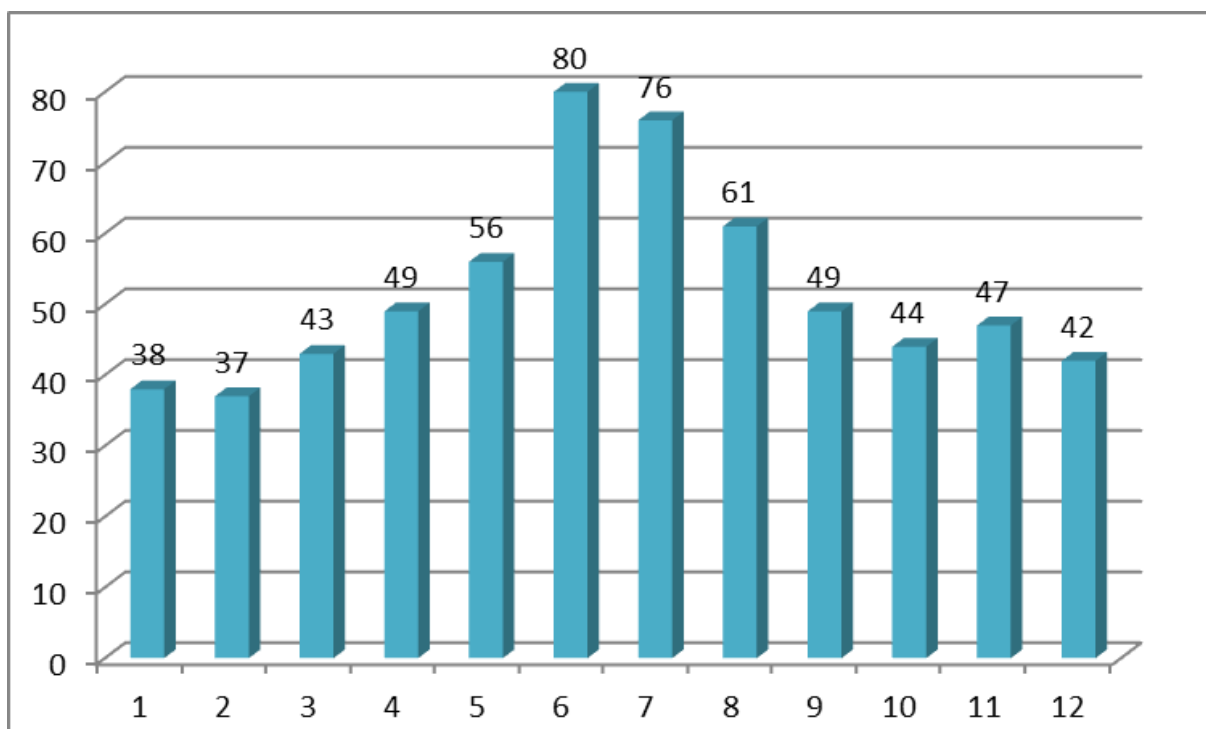


Рис. 1.3 – Середня кількість опадів в місті Києві, мм (Максимов, 2003).

Щодо сонячної радіації - найбільш ефективна в теплу пору року: для Києва добовий максимум сумарної сонячної радіації сягає 1,55 км/см² хв. При такій великій кількості сонячної радіації створюються прийнятні умови, які прогривають поверхню і повітря. У холодніші періоди року, коли тривалість дня та висота сонця над горизонтом незначна, часто спостерігається хмарна погода, тому цей фактор другорядний у формуванні клімату.

У середньому поверхня землі отримує близько 100 ккал/см² сонячного тепла на рік, з яких чверть запасів втрачається через відбиття. Середньорічний радіаційний майже ніколи не перевищує 40 ккал/см².

Водна поверхня Дніпра – один з важливих факторів формування місцевих кліматичних особливостей Києва. Оскільки Дніпро навесні розливається, вона має значний річний хід. До кінця червня вода має високий рівень, але потім поступово знижується. Через це в літку вдень зниження температури відбувається на

декілька градусів, а вночі збільшення на цю ж величину (*Осадчий та ін., 2010*). Це призводить до майже однакової середньомісячної температури в теплі періоди по всій долині Дніпра. В безхмарну погоду в деяких випадках між правим берегом Дніпра та річкою формується місцева циркуляція, яка вдень рухається на берег з річки, а вночі навпаки з берега до води.

1.1.3 Рельєф, геоморфологія, гідрографія

Київ був сформований під час континентального геологічного розвитку. Й має риси палеорельєфа верхньої крейди та четвертинного періоду. Основу сучасного виду територія набувала протягом неогену та четвертинного періоду, після того як берекський морський басейн відступив. Однак вирішальними факторами рельєфу були: різкі кліматичні коливання четвертинного періоду та блокові рухи земної кори.

Геоморфологічними областями Київщини є Придніпровська височина та дві низовини: Поліська та Придніпровська. Визначити чіткі межі між цими областями по рельєфу складно, проте більша частина правого берегу Києва, до якої також належить Святошинський район (де знаходиться ділянка досліджування, а саме нафтобаза), віднесена до Придніпровської височини (*Корнієнко, 2019; Бортник та Лаврук, 2016*).

Придніпровське плато характеризується зменшенням висот із заходу та південного заходу, до долини річки Либідь, а після підйомом майже до 100 м над рівнем Дніпра. На подолі знаходяться найнижчі точки рельєфу.

Більша частина ярів на теперішній час забудована. Наприклад, вулиця Хрещатик в минулому була великим ярмом, що впадала в річку Либідь. Таких прикладів забудованих ярів в центральній частині міста та околицях багато (*Приходько, 2010*).

Нафтобаза має абсолютні позначки рельєфу в межах від 162 до 177 над рівнем моря. Поверхня озера №4 є найнижчою точкою території (ї має координати ПнШ 50°23'53.88" СхД 30°22'52.95").

Значна розчленованість рельєфу яружно-балковою мережею – це характерна особливість правого берега. Обумовлюється це тим, що вододіли розташовані на висотах 180-200 м з верхньою частиною складеною лесами. Також активному прояву ґрунтової та яружної ерозії, водних акумулятивних та водно ерозійних форм рельєфу сприяє характер випадання опадів в межах території (*Максимов, 2003; Дудар та Щербей, 2015*). Вторинне розчленування молодшою ерозійною мережею сформували симетричні схили балок, але з віддаленням від річок розчленування рельєфу помітно зменшується. (*Ковальов та ін., 2001*).

Сучасний рельєф міста в основному сформувався після Льодовикового періоду. Основними геологічними факторами рельєфу місцевості Києва є льодовикова діяльність, ерозія, делювіальні процеси та діяльність людини.

Зсувні тераси простягаються вздовж правого берега Дніпра, їхня висота в середньому становить від 30 до 70 м над рівнем вод Дніпра. У багатьох місцях на терасах є невеликі пониження, які спричинені зсувами. Подекуди між цими заглибленнями спостерігаються окремі виступи, або так звані опори. Западнини є наслідком зсувів, викликаних сповзанням четвертинних товщ по плямистій глині, контрфорси — уцілілі частини узбережжя. Такий чіткий рельєф Києва та його околиць у минулому призвів до неправильного контуру міста (його плану). Наслідком такої нерівності є те, що більшість вулиць міста мають звивистий характер, часто досягаючи подекуди крутизни 10-12 градусів. Це заважає подальшому розвитку всієї території міста (*Приходько, 2010*).

Природний рельєф й гідрографічна мережа в місті докорінно змінюється і зараз. Цьому сприяє велике поширення насипних ґрунтів та перепланування території, що змінило значну кількість природних геоморфологічних елементів (*Кошляков та ін., 2014*).

Гідрологія Києва належить до басейну Дніпра, представленого річками, озерами та болотами. Для долини Дніпра характерна виражена асиметрична будова. Його правий схил крутий, обривистий, на деяких ділянках терасований, ускладнений зсувами, розчленований ярами і балками.

Рухи русла Дніпра найчастіше відбуваються під час весняних припливів, коли відбувається розлив річки з супутнім затопленням заплави. Під час великої весняної повені Дніпра його води зазнають багатьох змін щодо перерозподілу стоку. Прориваючи гнучкі береги заплави, виходячи на пониження, вони розширюються і поглиблюються, утворюючи нове русло, по якому тече джерельна вода. Тому підтримання стабільного русла Дніпра вимагає спорудження в певних місцях спеціальних споруд, дамб і насипів, а також проведення днопоглиблювальних робіт на руслі річки (*Приходько, 2010*).

В Києві роль природних дрен виконують 60 невеликих річок та струмків, які утворюють гідрографічну сітку (*Корнієнко та Шепетюк, 2019*). Найвідомішими та найсуттєвішими на правому березі є річка Почайна, у якої головними притоками є Глибочиця та Сирець, басейн річки Либідь з її притоками, притоки річки Ірпінь, а саме Нивка та Горенка та інші. Більшість річок на території міста знаходяться в колекторах, беруть свій початок за територією міста, та належать до басейну Дніпра, головної водної артерії.

Відпрепаровані ділянки з денудаційними поверхнями, де відслонюється дніпровська морена, приурочена до найкрутіших бортів річкових долин міста (*Барщевский, 1989*).

Талі води складають 60% річного стоку, вони являються основним джерелом живлення гідрографічної мережі території, також значним є підземне живлення. Штучні водойми, що утворені на річках, а саме водосховища та озера, істотно змінюють режим річок. Долини річок мають в середньому 40-50 м. глибини врізу.

Ухил місцевості на території дослідження йде в західному та південно-західному напрямках (*Бортник та Лаврук, 2016*). Річка Нивка та розташовані на

ній ставки знаходяться в бік заходу на відстані 1 км. Вона розташована в поліській низовині, має широкі долини, заболочення та утворення торфу. Глибини врізу доходять до 30 метрів, на схилах без берегових уступів, незначний кут нахилу, широкі та нечіткі. Еолова діяльність ускладнює поверхню терас. *(Ковальов та ін., 2001)*. Місцевість навколо озера №4 заболочена *(Максимов, 2003)*.

1.1.4 Геолого-гідрогеологічна вивченість

В другій половині двадцятого століття почали проводити геологічне вивчення досліджуваної території. Основою гідрогеологічного вивчення району є роботи К.М. Фео-філактова, Н.А. Соколова, Н.П. Барбота-де-Марні, П.А. Тутковського, І.Ф. Шмальцгаузена, В.М. Чирвінського, В.Н. Нікуліна та ін., вони присвячені різним галузям геології, таким як: гідрогеологія та інженерної геологія, палеонтологія, стратиграфія, тектоніка, мінералогія, геоморфологія.

Найбільшим досягненням було дослідження після громадянської війни, написане у 1924 році В.М. Чирвінським, а саме геологічна карта Києва масштабом 1:10 000, геологічні карти району досліджень та прилеглих територій масштабом 1:126 000, укладені Д.К. Біленком та іншими. Також в цей період були укладені середньомасштабні та крупномасштабні геологічні, гідрогеологічні карти, а також карти корисних копалин, їх авторами стали Б.Л. Личко, В.І. Лучицький, С.Г. Коклик, В.М. Чирвинський, та ін.

Основні водоносні горизонти міста Києва детально описуються в роботах Н.А. Плотнікова та К.І.Макова, тут вперше висвітлювались питання щодо областей живлення та особливості розвитку п'єзометричних депресій, які виникають в результаті інтенсивного водовідбору *(Максимов, 2003)*.

В 1941 році було складено дві карти: Д.К. Біленко склав карта масштабом 1:200 000 Д.К. Біленка та геологічна карта масштабом 1:1000000 київського листа Л.С. Фещенка.

Інтенсивний розвиток комплексних інженерно-геологічних, гідрогеологічних, пошукових, геолого-зйомних та розвідувальних робіт був у повоєнний період. Вони супроводжувалися великими обсягами буріння та застосувалися на той момент нові геофізичні, радіометричні та інші методи дослідження.

Для відбудови та реконструкції міста Києва виконувалися широкомасштабні інженерні геологічні дослідження, за допомогою яких були отримані оновлені й удосконалені дані про геологічну будову та інженерно-геологічні властивості ґрунтів міста. Дані роботи були виконанні А.М. Дранніковим, М.А. Рейзнером, А.І. Власенком, В.Л. Горловським та ін.

К.І. Маков та І.Є. Жернов присвятили свої роботи узагальненню та систематизації матеріалів з експлуатаційних запасів підземних вод та оцінки гідрогеологічних умов.

В 1952 році для будівництва трас метрополітену було розпочато інженерно-геологічні вишукування. Вишуквальні роботи тривають й на теперішній час.

В 1958 – 1960 р.р. була здійснена комплексна геолого-гідрогеологічна зйомка масштабу 1:200 000 М.М. Ключніковим, Ю.Є.Добрянським та ін. Розуміння про геологічну будову району та його тектоніку розширили за допомогою мінералогічних, петрографічних і палеонтологічних дослідженням. В цій роботі вперше було виділено відклади тріасової системи, нижньої крейди і оксфордського ярусу. Автори дали детальний опис палеогенових та неогенових відкладів. Було знайдено перспективні для водопостачання водоносні горизонти в четвертинних, келовейських, еоценових, байських, сеноманських та тріасових відкладах. На карті корисних копалин були виділені нові прояви та перспективні ділянки будівельних і склярських пісків, формувальної сировини та ін (Максимов, 2003).

Під керівництвом З.Л. Дмитрієвої в 1964 році трестом “Київгеологія” був видані карти основних водоносних горизонтів масштабом 1:500 000 та складений кадастр підземних вод Київської області.

Протягом 1964 – 1970р.р. В.М. Соловицьким, Б.Д. Возгріним та ін. була проведена комплексна геологічна, гідрогеологічна та інженерно-геологічна зйомка масштабом 1:50 000.

Центральна тематична експедиція Мінгео УРСР у 1984 видала комплект геологічних карт та інженерно-геологічних і гідрогеологічних карт масштабом 1:50000. Вони були укладені за результатами зйомочних робіт 1964–1980 р.р. Серед різноманітних досліджень, проведених у регіоні в 1970-1982 рр. найбільш важливими є дослідження з оцінки експлуатаційних запасів підземних вод та гідрогеологічних умов Київської області Д.Р. Литвака; також звіт про детальне дослідження підземних вод для водопостачання різних районів міста В.Н. Новікова та ін.; карта поширення зсувів у Подільському, Залаврському та Видубицькому районах та звіт з вивчення зсувних процесів у місті Києві В.М. Харченка; та звіт Шестапалова В.М., який висвітлив ефект каскаду водосховищ на річці Дніпро на ресурси підземних вод та їх режим (Максимов, 2003).

У 1950-1980 р.р. в Київському університеті на території житлових і промислових районів м. Києва проводилися еколого-гідрогеологічні дослідження з метою вивчення впливу техногенних інновацій на хімічний склад ґрунтових вод в четвертинних відкладах.

У 1981 році вперше в Україні Київська геологорозвідувальна експедиція державного геологічного підприємства "Північукргеологія" розпочала комплексне дослідження геологічного забруднення в межах житлової та промислової забудови. У 1981-1985 роках організація провела геохімічне дослідження гірських порід і підземних вод та вод у зоні аерації для виявлення забруднення в Києві та прилеглих районах. На базі цих досліджень було створено серію карт.

Ці роботи виконувалися для меліорації земель і не відповідали досить специфічним завданням, які потрібні при дослідженні забруднення району нафтопродуктами. Схожі роботи були проведені компаніями "Валдай" та "Інгеоком" у 1999-2000 роках на території нафтобази, в результаті чого було

зроблено висновок про забруднення території, але не було проведено оконтурення забрудненої ділянки (Максимов, 2003).

1.2 Геологічна будова

1.2.1 Стратиграфія

Участь в геологічній будові міста беруть кристалічні породи архей-протерозою та їх продукти руйнування та вивітрювання, також відклади мезозою (тріасу, юри та крейди), кайнозою (палеогену та неогену) та четвертинної системи.

На вивчаємій території основою відкладів є кристалічні докембрійські утворення, породи архею (AR) і нижнього протерозою (PR). А саме гнейси володарської світи; діорити та гранодіорити, габро та габро-амфіболіти звенигородського комплексу; боковянські, житомирські граніти та пігматити кіровоградсько-житомирського комплексу.

Кристалічний фундамент нижнього структурного поверху знаходиться на глибинах від 300-340 метрів. На цих породах залягає не дуже потужна кора вивітрювання жорствяно-глинистих відкладів (8 - 10 м) (Приходько, 2010).

Над поверхнею кори вивітрювання майже горизонтально залягають породи осадового чохла, які складаються з утворень тріасу, юри, крейди та четвертинного періоду. (Ковальов та ін., 2001).

Мезозой (MZ)

Тріасова система – Т

В цю систему, на даній території, безпосередньо над кристалічними породами утворилися товщі глинисто-піщаних порід. Саме в індський та оленьокський яруси нижнього відділу тріасової системи формувалися дані осадки.

Юрська система – J

Юрські відклади всюди поширені на території. Вони стратиграфічно не узгоджуються з тріасовими породами та кристалічним фундаментом. Перекриваються відкладами крейди. У розрізі присутні середній та верхній відділи юрських відкладів.

Крейдова система

Представляє крейдову систему сеноманський ярус, в якому відклади являють собою кварцові піски і глини, що відкладаються шарами; без стратиграфічного розчленування на глибинах нижче 77 м над рівнем моря. На досліджуваній території дані відклади не виходять на поверхню (*Максимов, 2003*).

Кайнозой (KZ)

Палеогенова система

В межах палеогенової системи було виділено канівську, буцацьку, київську, харківську і берекську світи.

У досліджуваному районі, канівська світа майже не спостерігається на денній поверхні. Дана світа представлена яскравими зеленими чи сірими із зеленуватим відтінком глауконітовими пісками з глинистими прошарками, іноді представлені пісковиками або алевритами. Піски в нижній частині глинисті, в верхній частині слабоглинисті або неглинисті піски. Глини сірувато-зеленого кольору зустрічаються в верхній частині світи на сході та північному сході малопотужними прошарками з характерним фіолетовим відтінком. В межах території, що розглядається, потужність канівських відкладів складає 20-30м. (*Максимов, 2003; Ковальов та ін., 2001*).

Буцацька товща виповнена мілководними морськими відкладами, в основному кварц-глауконітовими пісками з різним розміром зерен. В основі іноді трапляються скупчення фосфоритів та невеликі шари зростків кременистого

пісковіку. Бучацька світа виходить на поверхню тільки на півдні правобережжя Дніпра. В межах району дослідження потужність варіюється в межах 10-35 м (Максимов, 2003; Ковальов та ін., 2001).

На території Києва київська світа широко розповсюджена. Вона виходить на денну поверхню, але має розриви вздовж правого берега Дніпра та крутих схилів балок та ярів. Місцями у річки світа розмита ерозією. На правому березі занурена поверхня київської світи нерівна та межа з харківською світою в багатьох місцях має сліди розриву й іноді розмивів. Утвореннями представлені морські пісками, глинами та мергелями. В нижній частині піски менш глинисті та менш карбонатні. У верхній частині мергелі та мергелисті глини, які мають світло-сірий колір із невеликим блакитно-зеленуватим відтінком. В цих товщах іноді спостерігається проверстки безкарбонатних та слабокарбонатних глин. Мергелі мають нерівномірну карбонатність (Ковальов та ін., 2001). Загальна потужність відкладів варіюється в межах 20-35 м.

Представниками харківської світи є алеврити, дрібнозернисті глауконітові піски і пісковіки, які є осадами епіконтинентального мілководного морського басейну. Стратиграфічне положення світи визначається заляганням в підшві "наглинка" київської світи, в покрівлі - прибережно-морських та континентальних відкладів берекської світи, між якими чітко помітні сліди розриву в седиментації. В харківській світі виділено нижній і верхній горизонти. Нижній горизонт представлений шарами сірих дрібнозернистих пісків та темних алевритових глин, а верхній складений алевритовими тонкозернистими пісками, темними алевритовими глинами й алевритами (Максимов, 2003). На досліджуваній території мають потужність 10 м та починаються з глибини 121 м над рівнем моря.

Берекська світа має трансгресивне залягання по відношенню до харківської світи. Часто наявний в основі, збагаченої рослинними залишками, шар тонкоалевритової глини. В нижній частині світи мілководні прибережні та континентальні відклади – зеленуваті та сірі сланцюваті глини, які мають

прошарки слюдистих алевритів та сипучих світлих пісків. Верхня підсвіта представлена морськими кварцовими горизонтально- і косошаруватими пісками та алевритами. Потужність відклади мають 3-8 м.

Неогенова система

Міоцен

Міоценові утворення представлені полтавською світою, яка широко розповсюджена на вододілах. Ця світа залягає на розмитих відкладах берекської світи, а іноді перекривають породи київської та харківської світ. Полтавські відклади мають значні коливання відміток. Літологічними представниками полтавської світи є піщано-глинисті товщі субконтинентальних утворень та мають три горизонти: нижній, середній, верхній. Нижній горизонт складається з темних кварцових пісків та малопотужних шарів піщаних вуглистих глин і бурого вугілля. Середній горизонт має білі та сірувато-білі, сипучі дрібнозернисті піски, нерівномірно збагачені рудними мінералами у вигляді тонких прошарків. Верхній горизонт світи поширений частково та складений строкатими, білими кварцовими пісками, які іноді мають невеликі пласти та лінзи пісковиків (Максимов, 2003). Потужність відкладів полтавської світи 15 м.

Четвертина система.

Відклади четвертинної системи перекривають суцільним чохлам більш древніші геологічні утворення. Їх потужність коливається від декількох сантиметрів до 40 та більше метрів. Четвертинні відклади відсутні тільки на крутих схилах правого берегу Дніпра.

В даній системі представлені породи плейстоценового та голоценового віку різних генетичних типів, які обумовлені геоморфогенезом районів. Головними з яких є алювіальні, еолові, льодовикові, делювіальні та елювіальні відклади.

На даній території четвертина система представлена двома типами відкладів. Середньочетвертинні льодовикові відклади та піски з потужністю від 2 до 5 м. Та середньо-верхньочетвертинні елювіально-делювіальні відклади з потужністю від 2 до 15 м, що мають вихід на денну поверхню (Максимов, 2003)

1.2.2 Структурно-тектонічні особливості

На території міста Києва проходить грань двох великих структурних одиниць: північно-східного схилу Український кристалічний масив, а саме північно-східний схил, та південно-західний борт Дніпрово-Донецької западини (Корнієнко та Шепетюк, 2019; Кирилюк, 2020).

Досліджуваний район налічує два структурних поверхи. Фундаментом є схил українського щита, що занурюється з південно-західної та західної сторони у північно-східний та східний бік до Дніпровсько-Донецької западини. Він є складно дислокований та сильно метаморфізований неоархей-палеопротерозойським утворенням. Верхній поверх представлений осадовим чохлам мезозой-кайнозою (крейди, палеогену й неогену). Відклади четвертинного періоду не мають загальних структурних закономірностей, а древніші осадки закономірно занурюються в тому ж напрямку, що і докембрійський фундамент, тим самим повторюючи його рельєф.

Формування платформ відбулося в пізньому докембрію. В цей час цілісність кристалічного фундаменту була порушена системою горизонтальних та вертикальних переміщень різних амплітуд. Окремі блоки при вертикальних рухах призвели до утворення локальних, в основному північно-західного простягання, лінійних структурних елементів в осадовому чохлі.

Також неотектоніка мала великий вплив на формування сучасного рельєфу Києва.

На території міста виділено такі позитивні структури кристалічного фундаменту: Боярська, Броварська та Горинська антикліналі та Печерський Горст.

Депресійними структурами міста вважають: Бологородська та Борщагівська синкліналі. Більша частина структур осадового чохла проявляється в сучасному рельєфі.

Новітні рухи мають характер занурення, на фоні яких в деяких місцях проявляються диференційовані локальні рухи, що обумовлені невеликими зміщеннями окремих блоків.

Поверхні фундаменту характерний площинний характер, а також ряд несуттєвих локальних підвищень та знижень, що розташовані поперечно до напрямку кристалічного масиву. Зниження утворились в наслідок діяльності долин сучасних великих річок правого берегу системи річки Дніпра. В місті Києві кристалічний фундамент складений дуже сильно пенепленізованими складчастими спорудами архею з північно-західним простяганням (*Максимов, 2003; Круглов та ін., 2007*).

Шари залягають моноклінально з невеликим зануренням (не більше 1°) осадових порід у бік Дніпрово-Донецької западини. Проте елементи мають різні кути залягання, що говорить про зміну інтенсивності занурення кристалічного ложа залежно від геологічного періоду.

Тектонічна будова осадового чохла має кутові неузгодження між породами всіх періодів, від докембрійського фундаменту до відкладів палеогену (*Круглов та ін., 2007*). Мезозойські відклади залягають моноклінально та збільшують свою потужність з тим самим нахилом з яким залягають, а саме на північний схід, у бік ДДЗ (*Рогалик, 1984*).

Породи Кайнозою майже горизонтальні та мають витриману потужність. Структура чохла ускладнюється тектонічними порушеннями, які починаються в кристалічному фундаменті, та сягають осадових відкладів. Проте вплив цих тектонічних порушень різний на різних стратиграфічних рівнях (*Рогалик, 1984*).

1.3 Гідрогеологічні умови

Київ гідрогеологічно належить до північно-західної частини Дніпровського артезіанського басейну та характеризується заляганням на невеликих глибинах порід кристалічного фундаменту в південно-західній стороні та суттєвою товщею осадових порід на північному-сході району (Ковальов та ін., 2001). Місцями, переважно на вододільних просторах, зустрічається верховодка, яка приурочена переважно до еолово-делювіальних суглинків, що формуються в зоні аерації (Максимов, 2003).

Сукупно в межах даних відкладів виділяють такі водоносні горизонти та комплекси як:

1) горизонт в алювіальних та алювіально-делювіальних відкладах голоцену й верхнього плейстоцену;

2) комплекс у льодовикових, воднольодовикових, та озерно-льодовикових відкладах середнього неоплейстоцену й елювіальних та еолово-делювіальних відкладах неоплейстоцену;

3) горизонт у відкладах берекської, межигірської та новопетрівської світ олігоцен-міоцену;

4) горизонт у відкладах бучацької та канівської серій еоцену;

5) сеноман-келовейський комплекс у відкладах іваницької світи юри та загорівської, бурімської світ крейди;

6) горизонт у відкладах байоського ярусу юри;

7) горизонт у відкладах дронівської та сребрянської світ тріасу;

8) комплекс в зоні тріщинуватості кристалічних порід фундаменту (Ковальов та ін., 2001).

1) горизонт в алювіальних та алювіально-делювіальних відкладах голоцену й верхнього плейстоцену;

Даний водоносний горизонт знаходиться в заплавах річок, днищах ярів та балок правобережної частини Києва. Знаходиться в тонкозернистих пісках, супісках та суглинках. Потужність від 3 до 27 м. Безнапірний, глибина залягання коливається від 1 м до 20 м. Дебіти колодязів до 1-3 дм³/с.

Хімічний склад води переважно гідрокарбонатний магнієво-кальцієвий з мінералізацією до 1 г/дм³. Використовується лише в рідких випадках в вигляді колодязів.

2) комплекс у льодовикових, воднольодовикових, та озерно-льодовикових відкладах середнього неоплейстоцену й елювіальних та еолово-делювіальних відкладах неоплейстоцену;

Водомісткими породами горизонту є перешарування надморенних воднольодовикових та озерно-льодовикових пісків, супісків, моренних суглинків, перекритих еоловими, еолово-делювіальними суглинками. Комплекс з безнапірними водами.

Водомісткі відклади даного комплексу повсюди виходять на поверхню. Підстилаються червоно-бурими й строкатими глинами або еоплейстоценовими елювіальними та еолово-делювіальними глинистими відкладами (Мандрик, 2005).

Потужність обводнених відкладів складає 10-20 м. Черех строкатий склад порід комплекс має різні фільтраційні властивості. Так коефіцієнт фільтрації для суглинків до 0,9 м/д, а для пісків до 5 м/д. Середні дебіти колодязів 0,01-0,3 дм³/с зі зниженням рівня на 1,0 – 2,5.

Живлення водоносного горизонту інфільтраційне, за рахунок атмосферних опадів, а розвантаження в річках та яружно-балкових мережах.

Коливання рівнів не великі та складають 0,2 – 1,2 м протягом року, з максимальними амплітудами після весняного сніготанення.

Води комплексу прісні, мінералізація до 1 г/дм³. За хімічним складом переважно гідрокарбонатні кальцієві та кальцієво-магнієві. Загальна жорсткість води 3-6,2 ммоль/дм³, рН 7 – 7,7.

3) горизонт у відкладах берекської, межигірської та новопетрівської світ олігоцен-міоцену;

Поширений на правому березі міста, окрім долин річок. Потужність горизонту від кількох метрів до 10 м, а глибина залягання до 60 м. Породи представлені пісками з прошарками пісковиків й лінзами бурого вугілля. Горизонт перекритий товчею строкатих та бурих глин неогену й знаходяться на глинах та мергелях, тому має напір до 20 м та втрачає його біля зон розвантаження.

Породи водоносного комплексу мають слабку водовіддачу. Дебіти свердловин в основному до 1-2 дм³/с.

Живлення горизонту знаходиться в місцях розмиву товщі глин за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Режим горизонту має сталий рівень, річна амплітуда до 0,5 м.

Хімічний склад води переважає гідрокарбонатний кальцієвий, рідше гідрокарбонатно-сульфатний кальцієвий, мінералізація 0,3 – 0,5 г/дм³.

В місті на невеликих глибинах наявне забруднення вод даного водоносного горизонту. Наявні поодинокі скважини та колодязі (*Ковальов та ін., 2001*).

4) горизонт у відкладах бучацької та канівської серій еоцену;

Даний водоносний горизонт на досліджуваній території наявний всюди та приурочений до відкладів канівської і бучацької серій еоцену, що представляє собою достатньо однорідну піщану товщу. Потужність товщі варіюється від 30 до 48 м. Глибина залягання покрівлі 20 - 80 м.

Перекритий горизонт товщею мергелів еоцену (київської та обухівської світ) потужністю 25 – 30 м, але в долинах річок Ірпінь та Либідь потужність сягає лише 3 – 8 м. В долині річки Дніпра мергелі повністю розмиті й на бучацьких відкладах розташовані алювіальні відклади, які утворюють єдиний водоносний горизонт.

Фільтраційні властивості порід варіюються: низькі фільтраційні властивості мають канівські відклади. Середні фільтраційні властивості горизонту мають 4 м/д. Водопровідність коливається від 100 до 140 м²/д.

Водоносний горизонт має невеликий напір 5 – 8 м. П'езометричні рівні залягають на глибинах 45 – 80 м. В процесі експлуатації комплексу на території міста Києва утворилася депресійна воронка, з максимальним зниженням рівня в центрі 15 м.

Води даних відкладів за хімічним складом належать до типу гідрокарбонатних кальцієвих, їх загальна мінералізація 0,3 – 0,5 г/дм³. Загальна жорсткість 3,4 – 4,5 ммоль/дм³. Реакція води нейтральна або дуже близька до нейтральної (рН = 6,8 – 8,1). Вміст як основних, так і шкідливих компонентів в воді не перевищує допустимих значень.

Водоносний горизонт застосовують для технічного водопостачання дрібними водокористувачами з використанням свердловин (*Ковальов та ін., 2001*).

5) сеноман-келовейський комплекс у відкладах іваницької світи юри та загорівської, бурімської світ крейди;

На території міста комплекс знаходиться повсюди. Водовмісткі породи представлені загорівською, журавинською і бурімською світами середньої та верхньою крейдою, а нижня частина – породами іваницької світи юри. Верхня частина відкладів комплексу неоднорідна за літологічним та гранулометричним складом.

В покрівлв піски тонкозернисті та до підшови збільшуються до крупнозернистих, місцями гравелистих, із стяжіннями кременів та лінзами пісковиків, з прошарками глин.

Потужність порід верхньої товщі комплексу 5-20 м, а глибина залягання сягає від 60 до 150 м.

Через неоднорідний склад порід, за даними відкачок, коефіцієнти фільтрації різняться від 0,5 до 15,0 м/д. Водопровідність коливається від 10 до 200 м²/д. Дебіти свердловин варіюються від 1,6 до 4,7 дм³/с.

Нижня частина має потужність 10 м та складена „гезовою” товщею окременілих алевритів, таалевролітів, вапняків та пісковиків, мергелів іваницької світи юри.

Фільтраційні властивості даної товщі залежать від тріщинуватості колекторів та ступеню глинистості заповнюючого їх матеріалу. В загалому, дані відклади мають високі фільтраційні властивості. Водопровідність змінюється від 50 до 700 м²/д. Дебіти свердловин варіюються в межах 5-40 дм³/с, переважають 15-25 дм³/с.

Сеноман-келовейські товщі перекриваються відкладами мергею та крейди верхньої крейди.

Коефіцієнт фільтрації коливається в межах $3,5 \times 10^{-3}$ – $5,8 \times 10^{-5}$ м/д. Крейдово-мергельної товщі мають коефіцієнт фільтрації 0,1 – 0,001 м/д.

Утворена на правобережній частині Київського родовища в еоценовому водоносному горизонті депресійна воронка (де цей горизонт не експлуатується), свідчить про наявність перетікання вод горизонту через крейдово-мергельну товщі у водоносний комплекс крейди та юри.

Породи комплексу залягають на алевритово-глинистих відкладах ічнянської світи, що підстилається глинами середньої юри. Ці породи утворюють суцільний водотриви середньої юри з потужністю 6-120 м.

За рахунок водотривів води комплексу напірні, з величиною напору над покрівлею 38-120 м. В свердловинах, на глибинах 4-90 м встановлюються рівні води. За час експлуатації комплексу величина п'езометричних рівнів на деяких водозаборах міста знизилася до 10-15 м.

Води водоносного комплексу є прісними, їх мінералізація складає 0,3 – 0,6 г/дм³, за хімічним складом води гідрокарбонатні кальцієво-натрієво-магнієві. Загальна жорсткість води змінюється в діапазоні 2,3 – 6,0 ммоль/дм³. Гранично допустимі норми мікрокомпоненти не перевищують.

Сеноман-келовейський водоносний комплекс експлуатується для водопостачання міста з кінця XIX століття до теперішнього часу (*Приходько, 2010*).

б) горизонт у відкладах байоського ярусу юри;

Даний водоносний горизонт повсюди розповсюджений в межах Київської області.

Континентальні відклади середньої юри характеризуються чітким перешаровуванням пісків та глинистих відкладів, через що свердловини розкривають від 2 до 5 водоносних шарів, що розділені слабопроникними породами, які не витримані за потужністю та простяганню.

Водоносний горизонт представлений різнозернистими пісками (найчастіше середньозернистими), які чергуються з прошарками і лінзами глин. Потужність Орельських піщаних відкладів коливається в межах від 8 до 43 м, що збільшується на схід.

Залежно від потужності порід їх водопровідність складає 120 – 500 м²/д.

Підшвою середньоюрських пісків є глиниста товща сребрянської світи нижнього триасу. Її потужність складає 50 – 60 м. Покрівлею водоносного горизонту є однорідна товща середньоюрських глин з потужністю від 60 до 120 м.

Глибина залягання горизонту коливається в межах від 180 м в західній частині до 350 м на східній частині району.

Величина напору варіюється від 154 до 287 м.

П'єзометричні рівні знаходяться на рівні абсолютних відміток 52 – 93 м. В центральній частині міста знаходиться воронка депресії, де п'єзометричний рівень досягає 100,0 м.

Води середньоюрських відкладів експлуатується в Києві достатньо інтенсивно. Дебіти водозабірних свердловин сягають 5,5 – 30,0 дм³/с.

Води даного горизонту є прісними, з мінералізацією 0,2 – 0,7 г/дм³. Хімічний склад води буває гідрокарбонатно-хлоридний, натрієво-кальцієвий та натрієво-магнієво-кальцієві. Загальна жорсткість сягає від 2,2 до 7,6 ммоль/дм³. Гранично допустимі норми мікрокомпоненти не перевищують.

Використовується водоносний горизонт для водопостачання в місто Київ та розливу мінеральних природних столових вод(*Приходько,2010*).

7) горизонт у відкладах дронівської та сребрянської світ тріасу;

В досліджуваному районі водоносний горизонт широко розповсюджений .

Горизонт представлений чергуванням тонко- зернистих та місцями різнозернистих пісків з пісковиками та глинами нижнього тріасу. Потужність становить 5-50 м, збільшуючись із заходу на схід.

Величина коефіцієнту фільтрації достатньо низька, через переважання в водовміщуючих породах тонкозернистих та дрібнозернистих фракцій. Глибина залягання покрівлі варіюється в межах від 300 до 380 м. Води горизонту високонапірні.

Підшвою водоносного горизонту є кристалічний фундамент або слабо проникні одновікові відклади, такі як: глина, алевроліти та пісковики (*Приходько,2010*) .

Води нижнього тріасу та середньоюрських відкладів мають хороші питні якості та є перспективними для водопостачання міста Києва.

8) комплекс в зоні тріщинуватості кристалічних порід фундаменту

Комплекс в зоні кристалічних порід архей-протерозойського фундаменту широко розповсюдженні і залягають на глибині від 180 до 500 м та більше.

Найбільш водоносні породи верхньої частини кристалічного фундаменту, де наявні тектонічні порушення.

Хімічним склад води частіше гідрокарбонатний кальцієво-магнієвий, кальцієво-натрієвий та ін. Величина сухого залишку від 0,11 до 1,17 г/дм³. Загальна жорсткість варіюється від 1,0 до 6,7 ммоль/дм³. Величина рН сягає 6,9 – 7,1.

Усі ці водоносні горизонти пов'язані між собою у вертикальному розрізі, утворюючи єдину гідравлічно пов'язану водообмінну систему (Кошляков та ін., 2014).

Дані горизонти та комплекси відділені між собою слабопроникними товщами, в яких фільтраційні властивості пов'язані з тріщиною проникністю (Ковальов та ін., 2001).

Водоносні горизонти та комплекси розділені між собою товщами, які мають регіональне розповсюдження, а саме:

1) мергельна товща київської та обухівської світ еоцену (P2kv+ob), яка розмежує водоносні горизонти еоценових з більш молодими відкладами олігоцен-міоцену;

2) товща крейди з мергелями верхньої крейди (K2km+k), яка розділяє горизонт в еоценових відкладах та комплекс у відкладах середньої і верхньої юри та нижньої та верхньої крейди;

3) товща глино-алевритових відкладів середньої юри (J2pd-ič), яка розмежує водоносний горизонт світи середньої юри та комплекс у відкладах середньої та верхньої юри й нижньої і верхньої крейди;

4) товща глин сребрянської світи нижнього тріасу (T1sr), яка розмежовує середньоюрський з нижньотріасовим водоносним горизонт (Приходько, 2010).

Також водоносні горизонти на території виділяють за геологічними та гідрогеологічними умовами:

Водоносні горизонти і комплекси в четвертинних відкладах. Вони утворюють кілька водоносних горизонтів, які приурочені до флювіогляціальних, алювіальних і еолово-делювіальних відкладів. Ці води у більшості випадків безнапірні, їх живлення відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Вони розташовані в зоні інтенсивного водообміну та дренуються річковою мережею та яружно-балочною. Даний водоносний горизонт використовується для водопостачання на всій площі поширення.

Водоносні горизонти в неогенових відкладах. Водоносний горизонт знаходиться на глибині 7-53,5 м, та має потужність 10-15 м. Дрібнозернисті, рідше різнозернисті і середньозернисті піски полтавської світи складають слабонапірний водоносний горизонт, в покрівлі якого місцями залягають строкаті та червоно-бурі глини, а в місцях відсутності глини відбувається живлення водоносного горизонту (Максимов, 2003). Режим вод непостійний та зазнає значних сезонних коливань.

Водоносний горизонт в сеноманських і нижньокрейдових відкладах. З сеноманськими і нижньокрейдовими осадовими відкладами зв'язаний єдиний потужний напірний водоносний горизонт. Підшовою відкладів є глини та мергелі юрського віку, і кристалічний щит в межах Українського. Перекритий цей горизонт водотривкими мергельно-крейдовими породами. Розкритий свердловинами на глибинах до 159 м. Область живлення знаходиться на схилах кристалічного щита в крейдових відкладах, що знаходяться недалеко від поверхні. Він є основним з

джерел централізованого водопостачання для міста Києва та інших великих населених пунктів.

Водоносні горизонти в юрських відкладах. Представниками є байоський, батський, келовейський та оксфордський яруси. Води на значній площі поширення мають напірні властивості. Про інтенсивність водообмінних процесів свідчить значне поширення прісних вод. Пониження в рельєфі доюрських утворень пов'язане з поширенням окремих ділянок водоносного горизонту. Потужність горизонту в середньому 10 м, але може досягати 64 м. Режим вод стабільний (Максимов, 2003).

Пухкі породи містять водоносні горизонти з гідрокарбонатно кальцієвим складом води, іноді з гідрокарбонатно кальцієво-натрієвим та гідрокарбонатно кальцієво-магнієвим і змішаним складом води. Мінералізація цих вод становить до 1 г/л. Реакція вод може бути від слабо кислої до слабо лужної, величиною рН6,7-7.7.

Хімічний склад і мінералізація вод тріщинуватої зони кристалічного щита схожі. В зонах тектонічних порушень мінералізація води збільшується до 3 г/л. В них присутній радон кількістю 40-300 еман, іноді доходить до 600-1000 еман (Кошлякова, 2013).

На даний момент Київ та приміська зона здійснює водопостачання з трьох джерел. Одне джерело є підземним: водоносний комплекс середньої та верхньої юри (J2-3iv + K1-2zg-br) та (J2or). Два інших джерела – поверхневі: річки Дніпро та Десна (Кошляков та ін., 2014).

Зараз сучасна антропогенна діяльність спричиняє процеси спадної фільтрації в межах міста.

Верхні водоносні горизонти сучасних алювіальних відкладів Дніпра та менших долин річок, алювіальних верхньочетвертинних утворень, водно-льодовикових середньочетвертинних відкладень майже не захищені від забруднення з поверхні, а тому не придатні для централізованого

водопостачання. Проте основна їх задача полягає у тому, щоб формувати якісний склад питних підземних вод, а також щоб виступати в ролі живлячих вод *(Кошлякова, 2011)*.

Окрім того, також через створення по всій території міста значної кількості систем локального водопостачання підземних вод, які будуються без достатнього наукового гідрогеологічного обґрунтування, та великої кількості колодязів, погребів, комунікацій, дренажів та ін., природні гідрогеологічні умови сильно змінились *(Кошлякова, 2011)*. Через це зростає інтенсивність та глибина водообміну *(Кошляков та ін., 2012)*. Сукупність цих всіх вищенаведених факторів можуть призвести до значного погіршення якості питних підземних вод у перспективі.

2. РЕМЕДІАЦІЙНІ ЗАХОДИ НА ДОСЛІДЖУВАНІЙ ТЕРИТОРІЇ

2.1 Порядок ремедіації та вибір оптимального методу очищення територій

На території України існує безліч ділянок, де прилегла територія забруднена нафтою та нафтопродуктами внаслідок їх аварійних виливів під час видобування, переробки, транспортування, зберігання та реалізації.

Для виконання робіт з ремедіації забруднених територій нафтопродуктами необхідно провести наступні кроки:

- дослідження території для виявлення ступеня та характеру забруднення;
- моніторинг та подальша оцінка ситуації;
- вибір оптимального методу очищення відповідних територій від забруднюючих речовин;
- проведення робіт з відновлення та очищення територій.

Для забруднених нафтопродуктами територій в Україні на сьогодні не існує загальноприйнятих методик дослідження та моніторингу, лише методичні розробки загально екологічного спрямування.

Так у 2003 році був прийнятий нормативний документ Міністерства Оборони України «Методика еколого-геологічного дослідження територій військових аеродромів, де виконується ліквідація стратегічних авіакомплексів та їх інфраструктури». В даному документі один розділ був присвячений дослідженню ділянок, які забруднені нафтопродуктами (Байсарович, 2022).

За цим документом у процесі дослідження повинні бути зареєстровані:

- ділянки фактично встановлених та ймовірних втрат нафтопродуктів;

- ділянки поверхневого скупчення та інтенсивного забруднення ґрунту нафтопродуктами.

- джерела потрапляння забруднення в яружно-балкову мережу, природні та штучні зниження рельєфу, водойми та водостоки, а також побутові колодязі та дренажні споруди.

- дані, що дозволяють прямо чи опосередковано оцінити величину втрат нафтопродуктів на об'єкті-забруднювачі.

- дані, що дозволяють прямо чи опосередковано оцінити величину дренажу нафтопродуктів.

- ландшафт, стан рослинного покриву, тип ґрунтів, геоморфологічна приналежність ділянок забруднення (*Байсарович, 2022*).

Пошукові роботи по визначенню нафтохімічного забруднення на території нафтобази розташованої в Святошинському районі міста Києва проводилися в 1999-2000 роках фірмами "Валдай" та "Інгеоком". Досліджувана ділянка має загальну площу 68 га, практично прямокутної форми, витягнута з заходу на схід й розташована на схилі древньої балки. Дані геологічних вишукувань, проведених на досліджуваній території, показали, що основні літологічні різновиди ґрунтів, що приймають участь у будові осадової товщі розкритої бурінням, представлені, крім ґрунтово-рослинного шару, пісками, супісками, суглинками (*Максимов, 2003*).

За результатами досліджень було виявлено забруднення території нафтопродуктами. Для уточнення умов поширення забруднення у геологічному середовищі на даній ділянці були пробурені розвідувальні свердловини № 26, 44-47 та десять контрольних-спостережних свердловин для уточнення розподілу нафтохімічного забруднення у підземних водах та в ґрунтах зони аерації, й також для подальшого контролю зони нафтохімічного забруднення (*Максимов, 2003*).

За попереднім прогнозом утворення нафтохімічного забруднення могло надходити майже від будь-якого технологічного елемента системи складу ПММ, таких як: резервуари, трубопроводи, насосні станції й тощо. Однак, за результатами різних методів екоаудиту: вивчення документації, дефектоскопії, ділянка підземного трубопроводу уздовж залізничної естакади - наймовірніша ділянка забруднення. У результаті виконання дефектоскопії трубопроводу, були виділені три ділянки порушення цілісності труб, що і виявилися основними джерелами витоку нафтопродуктів і результатом стало забруднення підземного простору.

За результатом електрометричних обстежень трубопроводів на об'єкті та огляду труби в шурфі, можна зробити висновок, що бітумне покриття трубопроводів майже втратило всі захисні властивості. Також при огляді труб у шурфі, було виявлено корозію (Максимов, 2003).

Розповсюдження від джерела забруднення спрямоване, як і було спрогнозовано, відбувалося у бік озера №4, заповнюючи поровий простір супісків і суглинків над рівнем ґрунтових вод. Однак, на відміну від прогнозу, основне забруднення виявлено значно західніше, що пов'язано з геологічною будовою зони аерації та з'ясувалося лише при проведенні другого етапу геологорозвідувальних робіт.

Результатами першого етапу досліджень встановлено:

- склад ПММ є джерелом активного нафтохімічного забруднення ґрунтів та ґрунтових вод;

- основним джерелом надходження нафтопродуктів у підземний простір є підземний трубопровід та підземні резервуари (№ 7-11);

- нафтохімічне забруднення ґрунтових вод та ґрунтів зони аерації виявлено на площі 1,5 га, яке має поширення у південно-західному напрямку за територію об'єкту;

- забруднення ґрунтів зони аерації над поверхнею ґрунтових вод значно перевищує ГДК і досягає 120 г/кг. В окремих свердловинах потужність рідкої фази сягає 0,7-1,2м;

- територія за ступенем нафтохімічного забруднення відповідає високому рівню забрудненню та потребує заходів щодо локалізації та ліквідації.

Щоб ліквідувати існуюче забруднення та попередити наступне в подальшому необхідно:

- зупинити експлуатацію підземного трубопроводу або замінити на поверхневий;

- забезпечити надійну систему прийому, утилізації та контролю нафтопродуктів;

- забезпечити захист поверхні на ділянках зливу, наливу і збереження від протоків, у тому числі: на залізничній естакаді, на естакаді масової видачі, у резервуарному парку;

- запланувати будівництво зливової каналізації з наявністю нафтовловлювачів та системою очищення води на ділянці збору;

- виконати розвідку території забруднення та розробити пропозиції, щодо локалізації та ліквідації забруднення ґрунтів і ґрунтових вод;

- забезпечити локалізацію забруднення та наступне очищення ґрунту і води на ділянці забруднення (*Максимов, 2003*).

Забруднення геологічного середовища даної території відбувається в основному з поверхні від розташованих тут технологічних об'єктів. Найбільш ймовірною зоною накопичення забруднення є суглинки, розташовані на глибині 6 – 12 м від поверхні. Поширення нафтопродуктів відбувається в основному шляхом адвективно-дисперсійного переносу, як у вертикальній, так і у горизонтальній площинах над поверхнею суглинків. Швидкість розповсюдження обумовлена ухилом та фільтраційними властивостями супісків та пісків, що залягають вище. Забрудник, що досягнув поверхні суглинків, акумулюється в них, і є вторинним джерелом забруднення ґрунтових вод при зміні їх рівня (*Гриб, 2020*).

Таким чином, за 39 років експлуатації складу пально-мастильних матеріалів, у підземне середовище надходила велика кількість нафтопродуктів. Оцінка кількості забрудненого ґрунту коливається в межах 10 - 15 тис. м³, а з урахуванням активної пористості, що рівна приблизно 30 %, свідчить про загальний обсяг нафтопродукту 0,3 - 0,6 тис. м³, або в перерахунку на масу 0,25 - 0,5 тис. тонн .

Спираючись на топографію та геологічну будову території розмив і перенос забрудника атмосферними опадами по схилу території відбувається у південно-західному напрямку, де розташовані в нижній частині території об'єкту озера. Поверхня схилу визначає напрямок та час міграції від джерела забруднення. Забруднення ґрунтових вод і ґрунтів може відбуватися розчинними хімічними речовинами, що включають органічні речовини, розчинні метали та рідинами неводних фаз, в основному представлених малорозчинними вуглеводами та їх розчинними компонентами (такими як бензол) (*Максимов, 2003*).

Після дослідження території, наступним етапом є моніторинг. В даному випадку під моніторингом врозуміють відслідковування кількісних, просторових та якісних змін скупчень нафтопродуктів для їхнього виявлення, попередження поширення та впливу.

Моніторинг повинен відповісти на запитання:

- які показники та параметри повинні спостерігатися;
- які методи слід використовувати для спостереження;
- як визначити розміщення точок спостереження та їх кількість;
- як визначити частоту спостережень та випробувань.

Найчастіше спостерігається вміст нафтопродуктів, що можуть перебувати у таких станах як: рідкий, розчинений, газоподібний та сорбований. Спостереження проводиться за найбільш поширеною на ділянці фазою нафтопродукту. В залежності від швидкості розповсюдження забрудника, за якою ведеться спостереження, потрібно проводити спостереження через певні проміжки часу. За допомогою експериментів чи розрахованих формул встановлюється швидкість поширення забруднення (*Байсарович, 2022*).

В зоні аерації нафтопродукти мігрують переважно у вертикальному напрямку, що прослідковується шляхом відбору зразків ґрунту. Також існують методи дослідження, для яких не потрібний відбір проб – це тензометричний метод, а також прилад на основі γ -радіаційного затухання подвоєної енергії.

На ненасичених територіях найважливіша інформація надходить із досліджень поверхневих забруднених ґрунтів. Для шарів, близьких до поверхні, як пробовідбірник можна використовувати простий циліндр з нержавіючої сталі. У будь-якому випадку необхідно виконувати високі вимоги до процесів консервування зразків, особливо для обмеження втрати летких компонентів і фальсифікації внаслідок біологічного розкладання.

Окрім виявлення рідких вуглеводнів у свердловині та аналізу взятих проб, непрямі дані, такі як вимірювання рівня розчиненого кисню може надати інформацію про забруднення вуглеводнів. Газометрія також є ефективним методом виявлення нафтопродуктів, накопичених у гірських породах.

Величина коливання рівня ґрунтових вод має велике значення для подальшого поширення і трансформації летких вуглеводнів, які мігрують уздовж покрівлі водоносного горизонту, оскільки викликають зміни в місцях контакту вуглеводнів з водою. При цьому частина вуглеводнів або затримується над зоною насичення, або відхиляється від неї вниз, поступово руйнуючи початкову водокапілярну межу. Тут утворюються динамічно забруднені території, що включає в себе:

1. зону вуглеводнів газоподібного стану над максимальним рівнем рідкого стану;

2. зону защемлених вуглеводнів, що облямовують ґрунтові частки, пори яких зайняті повітрям, - між максимальним рівнем вуглеводнів рідкого стану та його поточним положенням;

3. зону вуглеводневого насичення;

4. зону рідких вуглеводнів у воді – між поточним й мінімальним положенням підшви насиченої зони;

5. зона розчинених та емульсованих вуглеводнів – нижче мінімального положення підшви насиченої зони (Байсарович, 2022).

На сьогодні для обстеження та моніторингу забруднення найбільш використовуваними є свердловини, оскільки вони багатофункціональні. За їх допомогою вивчають літологічні особливості та будову геологічного середовища, відбирають проби води та ґрунту для лабораторного визначення вмісту забруднюючої речовини, фізико-механічних і гідрофізичних властивостей. Більш того, за допомогою буріння з відбором керна можна вже в польових умовах шляхом візуальної оцінки зразків оконтурити приблизну зону забруднення. При дослідженні невеликої потужності похибка вимірювання сягає до $\pm 25\%$ (Байсарович, 2022).

Візуальне виявлення нафтопродукту по керну буває ненадійним, особливо якщо присутність нафтопродукту не призводить до значних змін кольору ґрунту, чи якщо ця зміна схожа на зміни, що спостерігаються при зволоженні ґрунту водою. Крім того, зміни запаху зразка не завжди помітні, особливо коли запахи присутні в навколишньому середовищі. Випромінювання ультрафіолетом забезпечує більш надійні результати, адже в темряві вуглеводні починають флуоресціювати під дією випромінювання. Вуглеводні зберігають цю властивість при насиченні ними ґрунту та розчиненні у воді. Ті ґрунти, що більш насичені вуглеводнями, світяться яскравіше. Слід зазначити, що ультрафіолет не передбачає кількісного методу оцінки вмісту вуглеводнів, але є якісним методом визначення їх наявності.

Кількісний вміст вуглеводнів визначається шляхом лабораторного дослідження проб. Однак, щоб передбачити поширення нафтопродуктів та розробити методи екстракції під час очищення території, необхідно знати окрім вмісту вуглеводнів у ґрунті також його фазовий стан. Кількість нафтопродукту, яка утримується породою, може значно перевищувати кількість рухливих вуглеводнів. Забруднення часто складається з нафтопродуктів, що повністю утримуються породою та не можуть рухатися самостійно. Тим не менш, нижній шар, що містить утримані нафтопродукти, є джерелом забруднення інфільтраційних вод, що надходять в нижчі незабруднені ґрунти зони аерації та водоносний горизонт. Таким чином, відсутність рухомої фази нафтопродуктів не є підставою для виключення ґрунту, що містить нафтопродукти із опробування (Байсарович, 2022).

Як згадувалося раніше, свердловини це основне джерело інформації про підземні накопичення втрачених вуглеводнів. Однак інформація, що була отримана під час досліджень, часто сильно спотворюється вже пробуреними свердловинами. Такі деформації в межах зони насичення можуть бути пов'язані із перетіканням вниз по свердловині накопичень рідини над водотривами, що були

встриті під час буріння на повну потужність. З іншого боку, занадто короткий свердловинний фільтр, який не покриває всю забруднену зону, сильно спотворює картину, враховуючи коливання рівня ґрунтових вод. Обсипка фільтра також може спричинити спотворення, особливо якщо матеріал не більший за природний ґрунт. Тому під час буріння свердловин, відбору проб та каротажних робіт отримується найцінніша інформація.

Об'єми рухомих вуглеводнів не можна надійно визначити за прямими замірами їх потужності у свердловині, оскільки коливання ґрунтових вод та зміна положення контакту води з вуглеводнями, а також субвертикальні нестационарні потоки вуглеводнів навколо свердловин у слабо проникних шарах призводять до аномальних відносин потужностей вуглеводнів з контактом з водою.

Геофізичні методи в цьому плані є більш перспективними, зокрема діелектричний каротаж. Було прослідковано закономірність, що нафтопродукти збільшують електричний опір капілярної зони майже вдвічі (*Байсарович, 2022*).

Для моніторингу підземних вод на ділянці нафтобази була встановлена спостережна мережа, яка забезпечує контроль зони нафтохімічного забруднення. Були пробурені та обладнані 20 свердловин. Кількість та положення спостережних свердловин змінювалося в часі, тобто розширення мережі визначалось характером і межами вивченості забруднення (*Максимов, 2003*).

Під час геолого-екологічних досліджень ділянки нафтохімічного забруднення були проведені такі заходи:

- Уточнення умов утворення забруднення нафтопродуктами за допомогою результатів дефектоскопії трубопроводів.

- Буріння розвідувальних та спостережувальних свердловин.

Геофізичні дослідження, а саме: електрометрія ґрунтів, метод точкових електромагнітних вимірів, метод радіоактивного каротажу та дослідні відкачки.

Третій етап - це відновлення та очищення територій. Забруднення нафтою, викликане аваріями, відрізняється від багатьох інших антропогенних впливів тим, що замість поступового забруднення навколишнього середовища, воно зазвичай забруднює масово і викликає швидку реакцію.

Ремедіація забрудненої території після розливу нафти зазвичай проводиться двома етапами: технічно та біологічно. В якості допоміжних речовин, які можуть уповільнити поширення нафти, використовують природні та штучні сорбенти, такі як: торф, полімерні матеріали, пісок.

Видалення нафти з поверхні ґрунту здійснюється спеціальними насосами. Забруднені шари згрібають бульдозерами, екскаваторами, машинами чи тракторами, обладнаними резервуарами для збору нафти. Потім забруднені нафтою шари ґрунту ховають в могильниках. Водночас саме місце поховання стає джерелом вторинного забруднення, що створює проблему у виборі місця розташування могильника.

Процес ліквідації наслідків розливу нафти можна розділити на 5 етапів:

- а) зупинення протікання з ємності і трубопроводу нафтопродуктів;
- б) локалізація виливу;
- в) механічне очищення від нафтопродуктів;
- г) доочищення забрудненої території;
- д) утилізація забруднюючих елементів та матеріалів.

Утилізація відходів є найменш досліджений етап та найбільш складний. Найбільш ефективний спосіб очищення території від відходів та перетворення їх у нетоксичний стан це спалювання. Проте при спалюванні нафти можуть

утворюватися хлорорганічні сполуки, які такі ж токсичні для об'єктів навколишнього середовища, як і нафта (*Байсарович, 2022*). Також нафтові емульсії неоднорідні, тому при ліквідації відходи повинні бути розділені на вуглеводні, воду та механічні домішки.

Вибір методів утилізації нафтових відходів залежить від об'єму відходів, кількості вмісту нафти та інших чинників. Методи поділяються на:

- Фізико-хімічний метод.
- Механічний метод.
- Термічний метод.
- Метод біохімічного розкладання.
- Флотаційні установки.
- Адсорбційний метод.
- Комбінований метод.

Фізико-хімічний метод. До фізико-хімічних методів належать хімічні, екстракційні та дренажні методи.

Хімічні методи понижують концентрацію забрудників у ґрунті та базуються на перетворенні шкідливих речовин у гелі або тверді речовини. Хімічна обробка один із перспективних методів переробки нафтовмісних відходів. Цей спосіб дозволяє повністю нейтралізувати нафтовмісні відходи шляхом додавання до них оксидів лужноземельних металів, в окремих випадках можливе використання отриманого продукту, переважно для будівельних потреб. Хімічна обробка нафтовмісних відходів виробляє сухий гідрофобний порошок, який можна використовувати для облицювання. Цей метод використовується для ремедіації забруднених нафтою земельних ділянок (*Павлова, 2017*).

Метод екстракції нафтопродуктів заснований на видобуванні вуглеводнів з ґрунту селективними розчинниками (екстрагентами). Як екстрагенти використовують легкі фракції нафтопродуктів, гарячу воду, перегріту пару та миючі засоби. Зазвичай цей процес здійснюється в спеціальному обладнанні (очисних спорудах), зібраному за модульним принципом. Цей процес використовує різні розчинники для вилучення нафтопродуктів із ґрунту. Для цього розроблено екологічно чисті та відносно недорогі миючі засоби (чисті полімери). Варіантом екстракційного методу є дренаж (Павлова, 2017).

Механічний метод. До нього відносяться різні способи збору нафти з поверхні води, починаючи від ручного відкачування нафти та закінчуючи комплексно-механізованими збірниками відпрацьованих нафтопродуктів. Спершу, нафта повинна бути сконцентрована та обмежена поверхнею в плаваючому боні. Консольна конструкція огорожі складається з плаваючої частини (екрануючої частини) та баластної частини. Плаваючі частини можуть бути у вигляді окремих поплавців з прямокутним або круглим перетином. Екрануюча частина це гнучка або жорстка пластина, що прикріплена до плаваючої частини бона та навантажена ланцюгами, трубками або розтяжками для забезпечення стійкості баласту.

Підводну перешкоду пропонується розмістити у вигляді пневматичного бар'єру. Принцип його роботи полягає у створенні перешкоди на поверхні води шляхом безперервної подачі повітря через перфоровану трубу, розміщену в при певному куті к напрямку течії на дні водойми (Байсарович, 2022).

Термічний. Термічний, чи як ще його називають, спалювальний метод, передбачає спалювання у спеціальних печах, призначених для обробки забрудненого нафтою ґрунту. Високотемпературне спалювання в обертових печах, включає камери допалювання, системи рекуперації тепла і багатоступеневе очищення газів, які утворюються при згорянні. При цьому більшість корозійних

речовин потрапляє в газову фазу і після висихання ґрунт обробляється разом з газовою фазою при температурах 1000-1200°C (Павлова, 2017). За допомогою циклонної сепарації матеріал відокремлюється від газової фази і повертається для повного розкладання токсичних речовин. Після очищення ґрунт повертають на місце. Проте, як раніше було сказано, не дивлячись на його дієвість, при спалюванні нафти утворює токсичні сполуки та у цілому цей метод достатньо радикальний.

Біологічні методи використовують бактеріальні засоби та успішно використовуються для очищення ґрунту від розливів нафти. Мікроорганізми, що здатні розкласти вуглеводні, широко поширені в природі. Вони відіграють важливу роль у самоочищенні ґрунту та води від нафтопродуктів. Мікроорганізми здатні завершувати мінералізацію процесів перетворення органічних речовин. Завдяки біохімічним процесам забруднюючі речовини перетворюються на вуглекислий газ, воду та інші екологічно нейтральні сполуки. Цей руйнівний мікроорганізм використовується в біотехнології для знищення токсичних речовин, у тому числі таких як нафтопродукти, а також для очищення забрудненого ґрунту і води. Прискоренню процесу знежирення ґрунту сприяють мікроорганізми двома способами: 1) зміною конкретних фізичних і хімічних умов навколишнього середовища для активації метаболічної активності природних ґрунтових мікробних спільнот. 2) введенням спеціальних активних біодеструкторів забруднень. Найчастіше ці заходи використовують разом (Павлова, 2017).

Флотаційні установки також використовуються для видалення нафтопродуктів зі стічних вод. Очищення стічних вод шляхом флотації полягає у видаленні нерозчинених домішок за допомогою тонкодисперсного повітря в стічній воді.

Адсорбційний метод дозволяє відновити корисні компоненти і зменшити їх втрати. Це дозволяє використовувати цей процес для очищення певних

органічних забруднювачів та при роздільній переробці стічних вод, що містять нафту (Бардов, 2020). Адсорбенти органічного і неорганічного походження перед використанням можуть бути гранульовані (порошкоподібні) та просочуватися гідрофобізаторами. Техніка нанесення полягає в напиленні їх на масляну плівку. Перспективним є використання гранульованих адсорбентів або рідин з магнітними властивостями, які можна легко видалити за допомогою магніту після адсорбування нафти (Байсарович, 2022). При даному методі очищення не утворюється шлам чи осад, який утворюється при очищенні коагулянтами або іншими методами (Бардов, 2020).

Комбінований. Цей метод оснований на поєднанні декількох методів очищення .

Враховуючи характеристики вищенаведених методів, для очищення досліджуваної території нафтобази найдоцільніше взяти комбінований метод. Першим етапом, як і було запропоновано при проведенні досліджень на ділянці робіт, провести відкачку рідкої фази нафтопродукту в місцях максимального забруднення. У другій фазі для очищення від залишків нафтопродуктів забрудненої території, які не піддалися вилученню пропонується використання двох методів. В найбільш забруднених місцях використати метод біовентиляції. А також по всій забрудненій ділянці метод біохімічного розкладання, за допомогою якого провести повну очистку залишків нафтопродуктів.

2.2 Вибір ділянки для проведення ремедіаційних заходів

На досліджуваній території виділяється антропогенний тип джерел забруднення, а саме: ділянки збереження пально-мастильних матеріалів і спеціальних рідин, ділянка підготовки масел, ділянки технологічного обслуговування автомобільної техніки, хіміко-моторний лабораторний центр, а

також ділянки накопичення забруднюючих речовин, утворені близь смітників (Максимов, 2003).

Геологічне середовище забруднювалось в основному з поверхні від розташованих тут технологічних об'єктів. Найбільш ймовірна зона накопичення забруднення - це суглинки, розташовані на глибині від 6 до 12м від поверхні, тому що характеризуються високим опором ($K_f=0,01-0,001$ м/добу) та знаходяться в зоні переносу на рівні ґрунтових вод.

В результаті використання різних методів екоаудиту найбільш ймовірною ділянкою забруднення був трубопровід вздовж залізничної ескадри. При виконанні дефектоскопії трубопроводу, були виділені три ділянки порушення цілісності труб, що і виявилися основними джерелами забруднення нафтопродуктами ґрунту (Максимов, 2003).

Ймовірний час роботи джерела забруднення тривав приблизно 20 років з 1973року по1993 рік. Загальна територія забруднення в районі 1,5га, а оцінка кількості забрудненого ґрунту коливається в межах 10-15 тис.м³, з урахуванням активної пористості рівної приблизно 30%, загальний обсяг нафтопродукту складає приблизно 0.3 тис. м³, чи в перерахунку на масу 0,25тис. тонн.

У результаті попередніх вишукувань на території нафтобази розташованої в Святошинському районі було виділено дві ділянки забруднення ґрунтів і ґрунтових вод (Максимов, 2003).

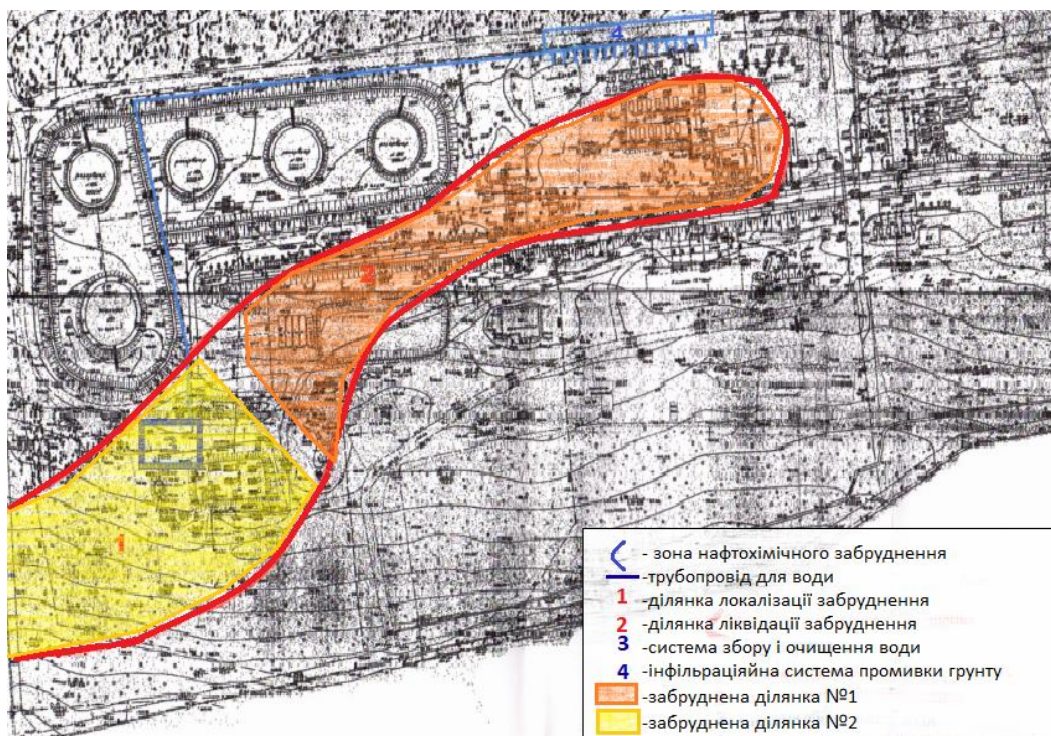


Рис. 2.1. - Схема ділянок забруднення нафтопродуктами

Ділянка № 1 розташована на східній частині території в районі озера №1, що для даної ділянки є акумулятором поверхневих стоків і джерелом поширення забруднення підземних вод.

Через те що озеро замкнуте по периметру підняттям природного рельєфу та на півдні перегороджене залізничним насипом, поширення забруднення від озера по поверхні рельєфу з атмосферними опадами або при піднятті рівня води в озері не являється можливим. Ймовірно поширення забруднення тільки через підземні води, що підтверджується результатами аналізу забруднення ґрунтів зони аерації і підземних вод в додаткових свердловинах, що пробурені в напрямку розповсюдження підземних вод (Максимов, 2003).

Ділянка №2 розташована в південно-західній частині території в районі розташування складу ПММ та озера №4, яка є для даної ділянки дренаю для поверхневих стоків та перешкодою поширення забруднення підземних вод у південному напрямку.

Поширення забруднення від джерела (дефектна ділянка трубопроводу) спрямоване напрямком поширення поверхневих стоків, а саме південно-західний напрямок, у бік озера №4, заповнюючи вільний поровий простір супісків і суглинків над рівнем ґрунтових вод.

Найбільш ймовірна ділянка накопичення забруднення – озеро (№1) південніше лабораторії. Сюди ж відбувається скидання каналізації.

Беручи до уваги виділення компанією «Інгеоком» двох ділянок забруднення та напрямком поширення цього забруднення від ділянки №1 до ділянки №2, слід розпочати з першої ділянки.

За отриманими результатами відомо що площа даної забрудненої ділянки становить 7003 м², об'єм забрудненої зони складає 672 м³, а маса забруднювача сягає близько 125 000 кг (Максимов, 2003).

2.3 Розрахунок часу для повного очищення ділянки від нафтопродуктів

Першим етапом для ремедіації земель рекомендуємо застосування механічних методів, що спрямовані на максимальний збір нафтопродуктів. Ця технологія ремедіації території застосовується за допомогою установки, що посилює міграцію забруднювача на поверхню до місця вилучення (Брикс, 2020). Активне відкачування нафтопродукту можливе при потужності нафтохімічної плями не менше 0,15-0,2м, в нашому ж випадку потужність складає 0,46-0,89 м, що дозволяє нам використання активного вилучення нафтопродукту. Існує два способи вилучення забруднення: 1) одним насосом відкачують воду та нафтопродукт 2) два окремих насоси для води та нафтопродукту. Спосіб з двома окремими насосами більш ефективний, проте значно дорожчий і технологічно складніший, тому часто являється економічно недоцільним і в Україні не використовується.

На нашій ділянці використовується метод активного вилучення з одним насосом, оскільки він набагато дешевший та легший у використанні з технологічної точки зору. Опираючись на приклад співвідношення відбору нафти різними методами, наведеної в навчальному посібнику А. Л. Брикса та інших (Рис. 2.2), можна припустити що механічним методом можна вилучити близько 45% забруднення(Брикс,2020).

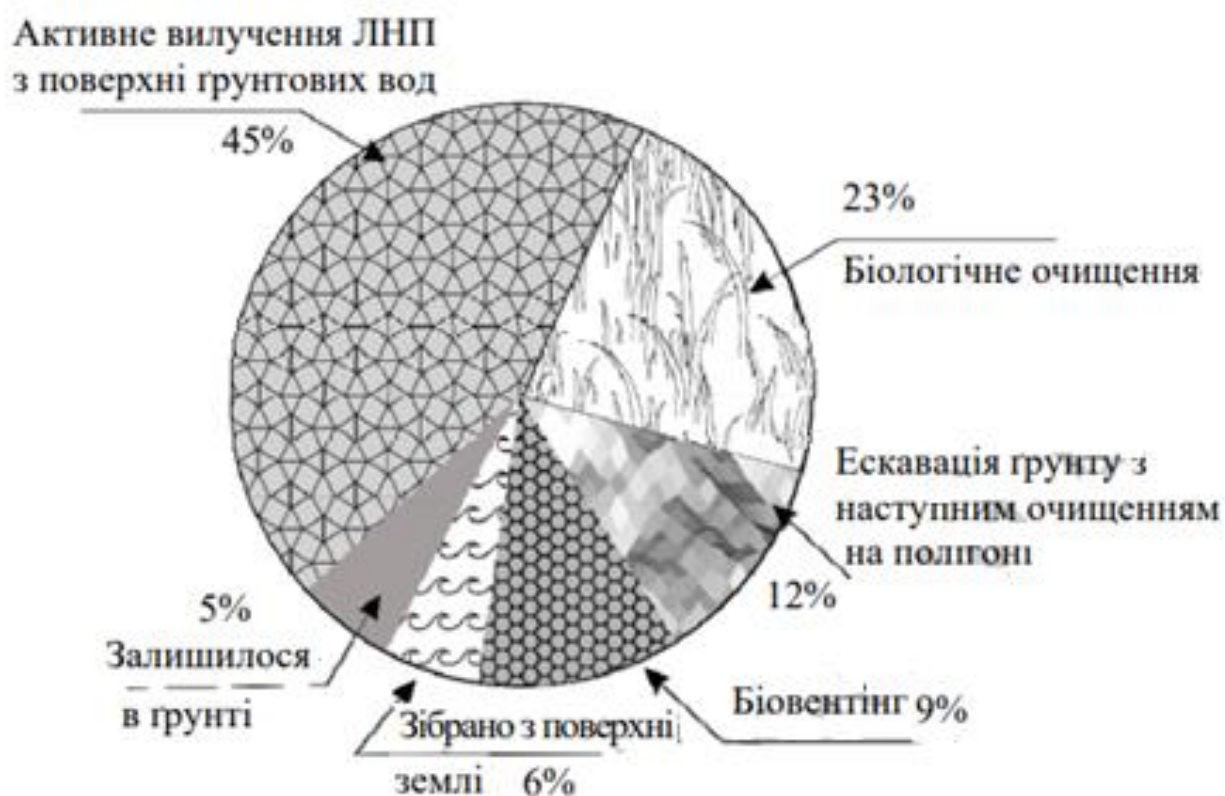


Рис. 2.2. - Приклад співвідношення відбору нафтопродуктів різними методами (модифікація схеми (Огняник та інші 2006)) (Брикс, 2020)

Таким чином можна досягти зменшення забруднення до 56 250 кг та зменшити об'єм забрудненої зони приблизно вдвоє до 336 м³, а площу до 3500 м² (приблизно 50× 70 м) (Рис 2.3)

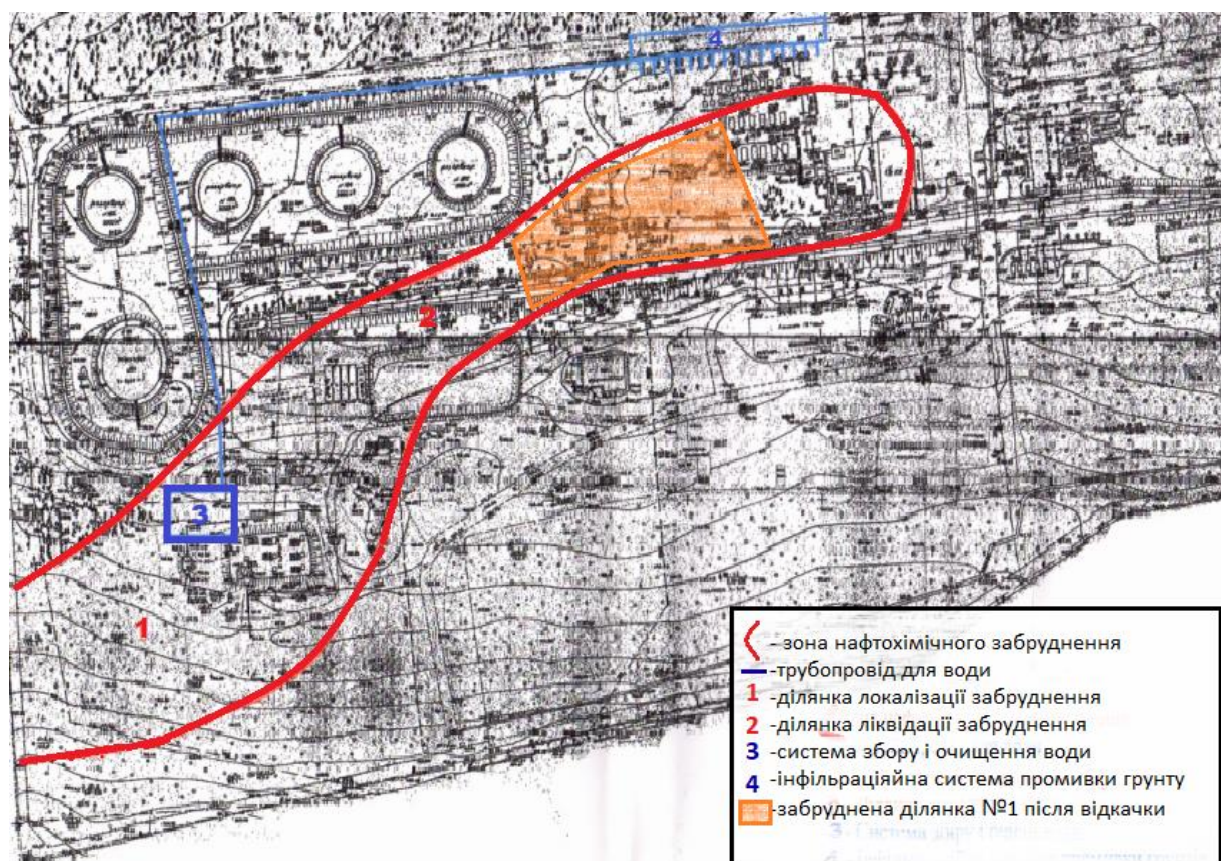


Рис. 2.3. - Схема розташування ділянки №1 після проведення відкачки

Другим етапом ремедіації території може бути біохімічний, а саме біовентиляція. Оскільки у ґрунті набагато менше кисню ніж в атмосфері, порівняно з діоксидом вуглецю та водяним паром. Біовентилювання належить до методу *in situ* та використовується для очищення менш летких забруднюючих речовин, що піддаються біологічному розкладанню та є альтернативою виїмці ґрунту та обробці ґрунту *ex situ*. Суть методу полягає в примусовому вентиляванні, наданні кисню до ґрунту для прискорення біологічного розкладання. Швидкість повітряного потоку обмежена до тієї, що необхідна для біодеградації.

До основних обмежень ефективного застосування біовентилювання відносяться низький рівень поживних речовин у ґрунті, низький вміст вологи в ґрунті та труднощі з забезпеченням потоку повітря через забруднену зону.

Додавання поживних речовин та вологи досягається шляхом інфільтрації з траншей. Щоденний моніторинг концентрацій O₂ і CO₂ у відхідних газах дає змогу визначити рівень біологічної активності на щоденній основі. Коли біодеградація прогресує, концентрація відхідних газів O₂ повинна бути зниженою, а концентрація CO₂ - підвищеною. Примусова вентиляція, при якій повітря вдувається в забруднену зону, а рекуперація повітря є пасивною, часто використовується в системах біовентиляції, але переважна стратегія аерації не була розроблена через обмежений досвід роботи з системами біовентиляції. Проте фізичні характеристики ґрунту, глибина забрудненої зони і потенціал перенесення забруднюючих речовин із зони будуть факторами при виборі методу аерації (*Ergas, 1998*).

Характеристика ділянки включає розробку даних про характеристики ґрунту, вміст вологи, наявність поживних речовин та гідравлічну провідність ґрунту. Ділянки біовентилювання зазвичай відносно невеликі за площею і неглибокі за глибиною.

Основними факторами при проектуванні біовентиляції є забезпечення доступу кисню, вологи та поживних речовин до забрудненої зони. Кисень подається шляхом втягування повітря через забруднену зону. Моніторинг повітряного потоку за допомогою газів-індикаторів може бути корисним при створенні системи вентиляційних та рекупераційних свердловин для забезпечення доступності кисню в усій забрудненій зоні (*Ergas, 1998*).

Щоб оцінити час, необхідний для розкладання та/або видалення 90% нафтопродуктів припускаємо, що обмеження поживних речовин та вміст вологи не є факторами, а швидкість відсмоктування повітря становить 0,8 м³/хв, з лабораторних вимірювань споживання кисню та утворення CO₂ в результаті біодеградації ПММ можна використовувати значення 3,3 г O₂/г ПММ. Насипна щільність ґрунту становить 2 100 кг/м³.

Для даного аналізу перекриття радіусів впливу не враховували та припускаємо, що потік є рівномірним і горизонтальним, а кожна з свердловин буде вважатися незалежною. Для даної площі забруднення необхідно шість свердловин для подачі достатньої та рівномірної кількості кисню (Рис. 2.4).

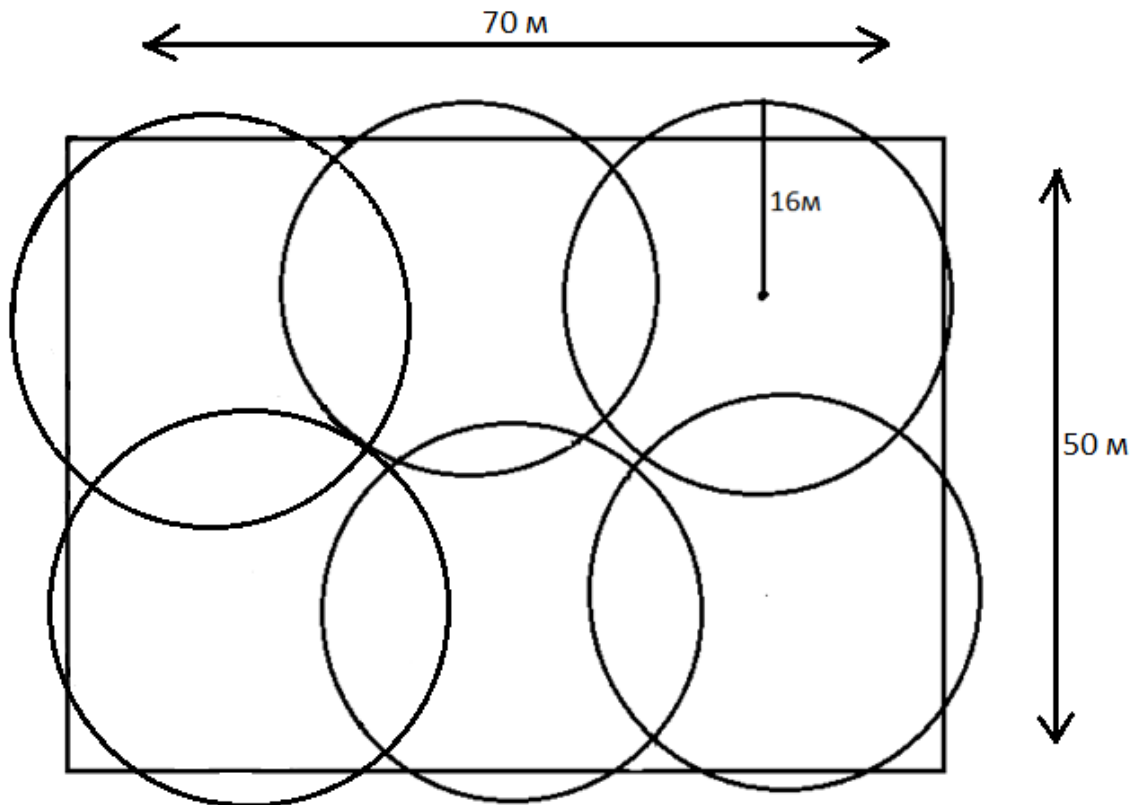


Рис. 2.4. План ділянки забрудненої нафтопродуктами зони з шістьома свердловинами

Для того щоб дізнатися необхідний час для очищення ділянки спершу розраховуємо початкове значення концентрації ПММ ($C_{\text{ПММ}_0}$), при розрахунках якого припускається однорідний розподіл:

$$C_{\text{ПММ}_0} = \frac{56\,250\text{кг}}{336\text{м}^3 \times 2100\text{кг/м}^3} = 0,079\text{кг/кг} = 79\text{г/кг}, \quad (2.1)$$

де 56 250 кг - це маса забруднювача в ґрунті на ділянці №1 після відкачки; 336м³ - це об'єм забрудненої зони на ділянці №1; 2100 кг/м³ - насипна щільність ґрунту.

Далі оцінюємо початкову швидкість поглинання кисню для одиничної системи та системи з шести свердловин:

Для однієї свердловини:

$$rO_2 = 3,3 \times 336\text{м}^3 \times 2100 \text{ кг/м}^3 \times 0,04 \text{ м/добу} \times 79 \text{ г/кг} \quad (2.2)$$

$$rO_2 = \text{г/кг} = 7,3 \times 10^6 \text{ г/добу},$$

де 3,3 – це споживання кисню ПММ г О₂/г ПММ; 0,04 м/добу – коефіцієнт фільтрації; 79 г/кг – початкове значення концентрації ПММ.

Для системи із 6-ти свердловин:

$$rO_2 = 7,3 \times 10^6 \div 6 = 1,2 \times 10^6 \text{ г/добу}, \quad (2.3)$$

Також необхідно визначити швидкість подачі кисню:

$$M_{O_2} = \frac{Q_g f_{O_2} MW_{O_2}}{V_m}, \quad (2.4)$$

де Q_g - об'ємна витрата газу, м³/добу; f_{O_2} - мольна частка О₂ в повітрі, 0,21;

MW_{O_2} - молекулярна маса О₂, 32 г/моль; V_m - молярний об'єм газу, 0,0224 м³/моль (Brown, 1998).

Тому при $Q_g = 0,8 \text{ м}^3/\text{хв}$, $M_{O_2} = 3,4 \times 10^5$

Для розрахування максимальної залишкової концентрації за даних умов визначили на яку кількість зменшиться забрудник на кілограм ґрунту (F):

$$F_{\text{ПММ}} = \frac{3,4 \times 10^5}{3,3 \times 1000 \text{ м}^3 \times 2100 \text{ кг/м}^3} = 0,049 \text{ г ПММ/кг} \times \text{добу} \quad (2.5)$$

$$C_{\text{ПММ}_{\text{max}}} = \frac{0,049}{0,04} = 1,22 \text{ г/кг} \quad (2.6)$$

Передостаннім кроком є розрахунок необхідного часу для зниження вмісту ПММ до максимальної залишкової концентрації за даних умов (в нашому випадку 1,22 г/кг):

$$t = \frac{\Delta C_{\text{ПММ}}(3,3 \text{ г O}_2/\text{г ПММ})V \times \rho}{M_{\text{O}_2}} \quad (2.7)$$

де $\Delta C_{\text{ПММ}}$ – різниця між початковою концентрацією ПММ;

та максимальною залишковою концентрацією ПММ за даних умов, г/кг; 3,3 - це споживання кисню ПММ г O₂/г ПММ;

V – це об'єм, м³; ρ – насипна щільність ґрунту, кг/м³ (Ergas, 1998).

$$t = \frac{(79 - 1,22) \times 3,3 \times 1000 \times 2100}{3,4 \times 10^5} = 1585 \text{ доби} = 4,3 \text{ роки}$$

Фінальний крок: розрахунок додаткового часу, потрібного для досягнення 90% видалення забруднення, коли $C_{\text{ПММ}} = 7,9 \text{ г/кг}$

$$\Delta t = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{C_{\text{ПММ}}}{C_{\text{ПММ}_{\text{max}}}} \right) \quad (2.8)$$

де k – коефіцієнт фільтрації, м/добу; $C_{\text{ПММ}}$ –

концентрація ПММ при досягненні 90% очищення, г/кг;

$C_{\text{ПММ}_{max}}$ – максимальна залишкова концентрація ПММ за даних умов (Ergas, 1998).

$$\Delta t = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{7,9}{1,22} \right) = 47 \text{ діб}$$

Отже, для видалення 90% пально-мастильних матеріалів на забрудненій ділянці №1, а саме досягнення концентрації забрудника до 7,9 г/кг, необхідно проводити біовентиляцію 1632 доби або 4,5 роки (4 роки та 6 місяців).

Третім етапом для кінцевого очищення території нафтобази від нафтопродуктів доречно взяти інший метод біохімічного розкладання, а саме застосування мікроорганізмів. Оскільки до прискорення процесу очищення ґрунтів призводять біогена стимуляція з застосуванням мікроорганізмів або їх ценозів, що здатні окислювати вуглеводні (Дадіверін, 1997).

Так, для прикладу, якщо використати адаптовані до вуглеводнів дріжджі роду *Candida*, при внесенні їх на гектар землі у кількості кілограм при забрудненні 500 кг забезпечує прискорення деструкції вуглеводнів у три рази. І завдяки цьому концентрація вуглеводнів падає на 80%, а рослинність відновлюється через 1-2 роки з моменту початку ремедіаційних заходів.

Найкращим співвідношенням кількості біогенних елементів та бактеріальної суспензії необхідної для внесення в забруднену нафтопродуктами зону є 1:25:1000, де 1 – це кількість мікроорганізмів необхідної для суспензії, що ін'єктується у забруднений ґрунт; 25 – це біогенні елементи такі як: азот та фосфор, що є основою суспензії, адже вони дуже ефективно стимулюють та прискорюють процеси очищення ґрунтів від нафтопродуктів; а 1000 - це вуглеводні, які виступають у ролі забрудника досліджуваної товщі ґрунтів (Дадіверін, 1997).

Таким чином, при 10% залишку забруднювача після попереднього ремедіаційного заходу (за нашими розрахунками, цей залишок складає 56,2 кг нафтопродукту) нам необхідно 56,2 грами мікроорганізмів та 1,4 кг біогенних елементів для створення суспензії. Введення цієї суспензії у забруднену територію вдруге через 2 місяці дозволить нам прискорити процес очищення ґрунту та ґрунтових вод у 15-26 разів, в порівнянні з самоочищенням.

Застосування запропонованої біотехнології дозволяє за 12 місяців прибрати майже повністю усі вуглеводні в ґрунті на території нафтобази та повернути її природний стан.

ВИСНОВКИ

Забруднення ґрунтів та ґрунтових вод нафтопродуктами змінює властивості та параметри геологічного середовища та має важкі негативні наслідки для навколишнього середовища та екології.

В ході роботи проведено дослідження території нафтобази, об'єми та розміри нафтохімічного забруднення, її розташування. Була проведена робота по ознайомленню та вибору найефективнішого комплексу ремедіаційних заходів для досліджуваної території.

На основі матеріалів досліджень було виділено дві ділянки забруднення ґрунтів (ділянка №1 та ділянка №2). Беручи до увагу напрямок руху забруднення, для розрахунку тривалості проведення ремедіаційних заходів було обрано ділянку № 1. Її площа складала 7003 м², об'єм забруднення 672 м³, а маса забруднювача 125000кг.

Для ефективного очищення території нафтобази розташованої в Святошинському районі міста Києва був запропонований комплексний метод, який включає в себе три етапи ремедіаційних заходів.

Для першого етапу очищення був обраний метод активного вилучання за допомогою якого можна зменшити забруднення нафтопродуктами на 45% зменшуючи об'єм майже у два рази. Другим етапом запропоновано метод біовентиляції, який при даній кількості забруднення триватиме 4,5 роки. Останнім, завершаючим етапом очищення рекомендовано метод використання мікроорганізмів, тривалість якого рік.

Зважаючи на те, що при написанні даної роботи вихідними матеріалами був звіт фірми «Інгеоком» за 2003р., перед початком робіт необхідно провести додаткове дослідження сучасного стану забруднення нафтопродуктами території

нафтобази міста Києва. На основі отриманих даних рекомендується провести скорегування розрахунків проведення ремедіаційних заходів.

Проте, з огляду на отримані результати, для проведення рекомендованих ремедіаційних заходів (за виключенням першого етапу) необхідно п'ять з половиною років.

В подальшому під час експлуатації нафтобази розташованої в Святошинському районі міста Києва рекомендується проводити екологічний моніторинг. Це дозволить виявляти аварійні ситуації (забруднення території нафтопродуктами) на початковій стадії. В свою чергу це дозволить оперативно реагувати на виклики і проведення ремедіаційних заходів потребуватиме значно менше фінансів і часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Байсарович І.М. (2022). Техногенна міграція вуглеводнів в геологічному середовищі (ГС). Методи відновлення та реабілітації забруднених зон. Екологічні аспекти пошуків та видобутку нафти і газу. Лекція 3.

Бардов В.Г., Омельчук С.Т, Мережкіна Н.В (2020). Гігієна та екологія. Підручник. Вінниця: Нова Книга. 472с.

Барщевский Н.Е. (1989). Геоморфология и рельефообразующие отложения района г. Киева. К.: Наукова думка. 195.

Бортник С. Ю., Лаврук Т. М. (2016). Динаміка рельєфу та розвиток сучасних небезпечних екзогенних процесів на території міста Києва в умовах зростання антропогенного навантаження. Науковий випуск. Фізична географія та геоморфологія. Вип. 3(83).40-48.

Гриб А.О. (2020). Оцінка забрудненості ґрунтів нафтопродуктами у результаті діяльності аеропорту. Дипломна робота. Київ.

Дадіверін І.Г., Дульгеров О.М., Науменко В.І., Нудьга А.Ю., Качур Т.Л, Фантух В.С., (1997). Спосіб очищення ґрунту і води від нафти і нафтопродуктів. Патент. Номер патенту: 17811 від 03.06.1997.

Добровольська А. О., Кравець В. Г. (2016). Зміна геологічної будови м. Києва з урахуванням техногенного впливу на ґрунти. Вісник ЖДТУ. Гірництво. Вип. 3(78). 136-142.

Дудар Т.В., Щербей В.Я. (2015). Прогнозування зсувоутворення на території міста Києва. Збірник статей. Охорона довкілля. Харків. 25-29.

Дудун Т.В., Тітова С.В. (2017). Географічні карти та картографічний метод дослідження. Київ: ВПЦ “Київський університет”.

Жуков М.Н. (2014). Метод підвищення детальності просторового розподілу забруднення (на прикладі Київської агломерації). Науковий вісник Національного гірничого університету. Вип 1. 113-118. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2014_1_20

Ляшенко Г.А., І.А. Черепньов І.А., Полянова Н.В. (2021). Електрохімічне очищення ґрунтів від вуглеводневих забруднень. ISSN 2311-1828. Інженерія природокористування Вип. 4. 123-127.

Карпенко О.М. Крочак М.Д. Байсарович І.М. (2017). Актуальні проблеми нафтогазової геології. Навчальний посібник. ННІ «Інститут геології». Київ
Київ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%97%D0%B2>

Кирилюк В. П. (2007). Тектонічна карта України. Масштаб 1:1000000. Частина II. Тектоніка фундаменту Українського щита. Масштаб 1:2 000000. Пояснювальна записка. Київ. УкрДГРІ. 87.

Кирилюк В.П. (2020). Тектоніка фундаменту українського щита: підходи и зображення. Збірник тез. Докембрій: породні асоціації та їхня рудоносність. Тектоніка і геодинаміка докембрійських щитів. 133-136.

Ковальов О.Б., Матвеев Г. Я., Пастухов В.В., Виноградов Г.Г., Охінько З.П. (2001). Державна геологічна карта України. Маштаб 1:200 000. Дніпрово-Донецька серія. Аркуш М-36-ХІІІ (Київ). ГЕ ПДРГП «Північгеологія». Київ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://geoinf.kiev.ua/derzhgeolkarta200-pz-list-m36-13/#page/27>

Комунальна гігієна. Ґрунт, очистка населених місць, побутові та промислові відходи, санітарна охорона ґрунту. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення. (1999). ДСанПіН 2.2.7.029-99. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0029588-99#Text>

Корнієко М., Шепетюк Г. (2019). Конструктивні особливості будівель і споруд об'єктів культурної спадщини м. Києва та їх класифікаційні ознаки. *Основи та фундаменти*. Вип. 38. 65-75.

Костюченко М.М. (2008). Проблеми техногенних змін геологічного середовища території міста Києва. Вісник Київського університету. Геологія. Вип. 44. 43-48.

Кошляков О. Є. , Диняк О. В., Кошлякова І. Є. (2012). Виснаження та забруднення питних водоносних горизонтів в умовах інтенсивної експлуатації на території м. Києва. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. Вип. 56. 38–42.

Кошляков О. Є. , Диняк О. В., Кошлякова І. Є. (2014). До питання вразливості питних підземних вод в межах київської міської агломерації з врахуванням природної захищеності. Вісник ОНУ. Географічні та геологічні науки. Т. 19, вип. 3. 269-275. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://visgeo.onu.edu.ua/article/viewFile/40431/36603>

Кошляков О. Є. (2021). Імовірнісні гідрогеологічні моделі. Гідрогеологічне моделювання. Лекція 1. Тема 2.

Кошлякова Т. О. (2011). Зміни хімічного складу питних підземних вод м. Києва в процесі експлуатації. Збірник наукових праць ІГН НАН України. 88 – 93.

Кошлякова Т. О. (2013). Динаміка змін хімічного складу питних підземних вод Сеноман-Келовейського водоносного комплексу на території м. Києва в умовах тривалої експлуатації. Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. Т. 18 вип. 1. 243-248. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vonu_geo_2013_18_1_31

Круглов С. С., Арсірій Ю. О., Великанов В. Я. (2007). Тектонічна карта України. Масштаб 1:1 000 000. Частина І. Пояснювальна записка. Київ: УкрДГРІ. 132.

Максимов В.Г. (2003). Програма реабілітації території територій, забруднених унаслідок військової діяльності, на 2002 – 2015 р.р. Звіт за результатами еколого-геологічного обстеження території військової частини А 3482 м. Київ (за 2000 - 2003р.р.). Київ: НВЦ “ІНГЕОКОМ”.

Мандрик Б.М., Чомко Д.Ф., Чомко Ф.В. (2005). Гідрогеологія. Підручник.- Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет».

Морозов О.В. (2009). Моніторинг земель. Методичні вказівки щодо виконання курсової роботи студентами будівельно - гідромеліоративного факультету зі спеціальності 7.092602 „Гідромеліорація”. Херсон.

Осадчий В. І. , Косовець О.О., Бабіченко В.М. (2010). Клімат Києва. Ніка-Центр.

Павлова Е.І. (2017). Загальна екологія і екологія транспорту. Підручник

Приходько В.Л., Бондаренко М.М., Нікіташ О.П. (2010). Геолого-економічна оцінка експлуатаційних запасів родовища питних підземних вод середньоюрського водоносного горизонту для ПАТ "Квазар" в м.Києві. Звіт про гідрогеологічне вивчення надр. Київ: Північне державне регіональне геологічне підприємство „Північгеологія”.

Рибалова О.В., Коробкіна К.М. (2017). Новий підхід до оцінки забруднення ґрунтів важкими металами. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/6057>

Риженко Н.О. (2017). Нормування фітотоксичності металів у агроєкосистемі. Агроєкологічний журнал. Вип. 4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2017.219716>

Рогалик А.Г. (1984). Геологическая карта Украины масштаба 1:50000. Киевский промышленный район. Часть II. Гидрогеология и инженерная геология.

Рогалик А.Г. (1984). Гидрогеологическая карта УССР. Киевский промышленный район. Схематическая карта условий защищенности возможного загрязнения подземных вод масштаба 1:50 000. Геоінформ.

Ergas. S.J., Chang D.P.Y., Schroeder E.D. (1998). Bioremediation principles. William C Brown Pub.